



EUITT UPM



DIAC



# REALIZACIÓN DE MAPA ESTRATÉGICO DE RUIDO DE LAS CARRETERAS DE LA RED DEL ESTADO (A-3 - ZONA CAMPUS SUR DE LA U.P.M.)





## PROYECTO FIN DE CARRERA PLAN 2000

E.U.I.T. TELECOMUNICACIÓN

**TEMA:** MAPAS ESTRATÉGICOS DE RUIDO

**TÍTULO:** REALIZACIÓN DE MAPA ESTRATÉGICO DE RUIDO DE LAS CARRETERAS DE LA RED DEL ESTADO  
(A-3 - ZONA CAMPUS SUR DE LA U.P.M.)

**AUTOR:** INMACULADA LORENTE GONZÁLEZ

**TUTOR:** JUAN SANCHO GIL

Vº Bº.

**DEPARTAMENTO:** DIAC

**Miembros del Tribunal Calificador:**

**PRESIDENTE:** AMADOR GONZÁLEZ CRESPO

**VOCAL:** JUAN SANCHO GIL

**VOCAL SECRETARIO:** VLADIMIR ULIN NABATOV

**DIRECTOR:**

**Fecha de lectura:**

**Calificación:**

El Secretario,

### RESUMEN DEL PROYECTO:

En el presente proyecto se realiza un Mapa Estratégico de Ruido (MER) de detalle del Campus Sur de la UPM de cumplimiento con la Directiva 2002/49/CE y siguiendo las indicaciones del pliego de prescripciones técnicas del Ministerio de Fomento para su realización en la primera fase de entregas a la Comisión Europea.

Se analizan los diversos criterios técnicos que debe tomar un consultor acústico durante la realización de un MER y cómo estos pueden afectar al resultado final siendo todos ellos válidos pero creando una falta de homogeneidad entre los diferentes MER según el autor del estudio.

Se describen las diferentes acciones que se están tomando tras la entrega de 2007 para intentar solucionar este problema de cara a las nuevas entregas.

**REALIZACIÓN DE MAPA ESTRATÉGICO DE RUIDO DE LAS CARRETERAS DE LA RED DEL  
ESTADO**

**(A-3 - ZONA CAMPUS SUR DE LA U.P.M.)**

**Inmaculada Lorente González**

---

**RESUMEN DEL PROYECTO:**

En cumplimiento de la Directiva 2002/49/CE en lo referente a carreteras, se han llevado a cabo en España, en el año 2007, los mapas estratégicos de ruido (MER) de los grandes ejes viarios de más de 6 millones de vehículos / año (datos 2006). En esta categoría se encuentra la carretera A-3 a su paso por el Campus Sur de la U.P.M.

De acuerdo con el pliego de prescripciones técnicas, estos MER se dividen en fase A o de estudio básico y fase B o de estudio de detalle.

En el proyecto denominado “Realización de Mapa Estratégico de Ruido de las carreteras de la Red del Estado (A-3 - Zona Campus sur de la U.P.M.)” se muestran los resultados de información pública de fase A del Mapa Estratégico de Ruido (MER) para la carretera A-3 en la Comunidad de Madrid.

Teniendo en cuenta dichos resultados y la no elección del Campus Sur en la fase B (detalle) de dicho MER; en el presente proyecto se realiza el Mapa Estratégico de fase B del Campus Sur de la U.P.M. para el gran ejes viarios (A-3), de cumplimiento de la Directiva 2002/49/CE y siguiendo las indicaciones del pliego de prescripciones técnicas para esta primera fase de entregas de 2007 y utilizando para ello Sistemas de Información Geográfica (SIG). Se justifica, según los resultados obtenidos, si hubiera sido necesaria su inclusión en esta fase de estudio.

Una vez establecidas las diferencias entre Mapa Estratégico de Ruido (MER) y Mapa de Ruido (MR), se analizan los diversos criterios técnicos que debe tomar un consultor acústico durante la realización de un MER y cómo estos pueden afectar al resultado final siendo todos ellos válidos pero creando una falta de homogeneidad entre los diferentes MER según el autor del estudio.

Se describen las diferentes acciones que se están tomando tras la entrega de 2007 para intentar solucionar este problema de cara a las nuevas entregas.

**STRATEGIC MAP NOISE OF THE SPANISH MAJOR ROADS  
(A-3 - CAMPUS SUR U.P.M. AREA)**

**Inmaculada Lorente González**

---

**ABSTRACT:**

The environmental Noise Directive 2002/49/EC has clear requirements to Member States in terms of Strategic Noise Maps according to roads. So, have been carried out in Spain, in 2007, Strategic Noise Maps of the major roads which have more than six million vehicle passages a year (2006 data) where the A-3 road near "Campus Sur U.P.M." is included.

In accord with the statement of technical requirements, these Strategic Noise Maps are divided into A phase (Basic study) and B phase (detailed study).

The present project by the name of "Implementation of Strategic Noise Map of Spanish Roads (A-3 – Campus Sur U.P.M. area)" shows the results of Strategic Noise Map for the A-3 in the Community of Madrid (A phase, public information – EGRA project Spanish Ministry of Transport).

According to the study results and the not election of "Campus Sur" to B phase (detail), in this project has been made the B phase of Strategic Map in compliance with Directive 2002/49/EC, following the technical requirements specifications for the first phase of deliveries (2007) and using Geographic Information Systems (GIS) to carry on them. Is justified, in accordance with the results, if it was necessary to include "Campus Sur" in this B phase of study.

Once established the differences between Strategic Noise Map and Noise Map, the present project examines the technical criteria that must take an acoustic consultant for the realization of a Strategic Map and how these criteria could affect the quality of the final results being all of them valid but it generate a lack of homogeneity between the different Strategic Noise Map by the author of the study. There wasn't so much experience in Spain in the methodology proposed by the European Noise Directive.

The actions that are being taken after delivery of 2007 to try to solve this problem and get harmonized the results among the whole network for the new deliveries each five years are shown at the present project.



## ESQUEMA

I. INTRODUCCIÓN .....	6
I.1. OBJETO DEL PROYECTO .....	8
I.2. CONTENIDO DEL PROYECTO .....	11
II. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO .....	12
II.1. PRINCIPALES FUENTES DE RUIDO .....	14
II.2. PLANEAMIENTO Y ZONIFICACIÓN ACÚSTICA .....	20
II.2.A. <i>Planeamiento urbanístico</i> .....	20
II.2.B. <i>Usos de suelo</i> .....	21
II.2.C. <i>Zonificación acústica</i> .....	22
III. ANÁLISIS DE LA NORMATIVA .....	24
III.1. NORMATIVA EUROPEA .....	24
III.2. NORMATIVA ESTATAL .....	24
III.3. NORMATIVA AUTONÓMICA .....	25
III.4. NORMATIVA MUNICIPAL .....	26
III.5. RESUMEN VALORES OBJETIVO .....	27
IV. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS .....	28
V. DOCUMENTACIÓN DE CONSULTA ADICIONAL .....	30
V.1. NMPB - 00UTES – UT .....	30
V.2. WG-AEN - WOOD PRACTICE GUIDE .....	31
VI. CAMPAÑA DE MEDIDAS .....	32
VI.1. VISITA DE CAMPO .....	32
VI.1.A. <i>EQUIPAMIENTO DE MEDIDA</i> .....	35
VI.1.B. <i>CAMPAÑA DE MEDIDAS</i> .....	37
VI.1.A. <i>VALIDACIÓN DEL MODELO</i> .....	39
VII. MAPAS ESTRATÉGICOS DE RUIDO (MER) VS. MAPAS DE RUIDO (MR) .....	40
VII.1. METODOLOGÍA DE LOS MER Y MR .....	41
VII.1.A. <i>SOFTWARE DE CÁLCULO PREDICTIVO</i> .....	42
VII.1.B. <i>SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) EN LOS MER</i> .....	42
VII.1.B.i. <i>INTRODUCCIÓN A LOS SIG</i> .....	42

---

VII.1.B.i. SIG EN LOS MER .....	44
VII.2. DATOS BASE PARA LA CREACIÓN DEL MODELO DIGITAL (MER Y MR).....	45
VII.2.A. TOPOGRAFÍA.....	46
VII.2.B. CONDICIONES METEOROLÓGICAS.....	47
VII.2.C. CONDICIONES DE CÁLCULO.....	47
VII.2.D. SUELOS .....	47
VII.2.E. TRAZADO DE LOS VIALES .....	47
VII.2.F. TRÁFICO.....	48
VII.2.G. VIADUCTOS / TÚNELES .....	48
VII.2.H. EDIFICIOS.....	49
VII.2.I. FACHADAS.....	49
VII.3. EDIFICACIONES SENSIBLES .....	50
VIII. MAPAS ESTRATÉGICOS DE RUIDO (MER) GRANDES EJES VIARIOS	
FASE I: EJEMPLO CAMPUS SUR UPM.....	52
VIII.1. INTRODUCCIÓN .....	52
VIII.1.A. DEFINICIÓN DE FACHADAS y ASIGNACIÓN DE ALUMNOS.....	53
VIII.2. OBTENCIÓN DE LOS MAPAS .....	54
VIII.2.A. REPRESENTACIÓN DE ELEMENTOS Y FORMATOS.....	55
VIII.2.B. FASE A, ESTUDIO BÁSICO 1:25.000.....	58
VIII.2.C. ELECCIÓN DE ZONAS DE ESTUDIO DE DETALLE (ZED).....	58
VIII.2.D. FASE B, ESTUDIO DE DETALLE 1:5.000 .....	59
VIII.3. RESULTADOS OBTENIDOS (MER) .....	59
VIII.3.A. COMPARACIÓN DE RESULTADOS RESPECTO A UN MR.....	65
VIII.4. PROPUESTA MEDIDAS CORRECTORAS.....	69
IX. CRITERIOS DEL CONSULTOR EN LA EJECUCIÓN DE LOS MER –	
CONTROL DE CALIDAD.....	70
IX.1. DATOS DE ENTRADA.....	71
IX.1.A. Caracterización de la zona de estudio .....	71
IX.1.B. Usos de los edificios .....	71
IX.1.C. Asignación de población .....	72
IX.2. MODELO DIGITAL.....	74
IX.3. CARRETERAS COMO FUENTES DE RUIDO DE TRÁFICO RODADO .....	76
IX.4. EVALUACIÓN DE POBLACIÓN EXPUESTA.....	77
IX.5. ZONAS DE DETALLE .....	80
IX.6. MEDIDAS CORRECTORAS.....	81
X. GRUPOS DE TRABAJO - UNIFICACIÓN DE CRITERIOS.....	82

---

X.1. SISTEMAS DE INFORMACIÓN SOBRE LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA.....	84
XI. SITUACIÓN ACTUAL DE NUESTRA ZONA DE ESTUDIO – CAMPUS SUR86	
XII. CONCLUSIONES .....	88
XIII. PLANNING Y PRESUPUESTO .....	90
XIV.REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA .....	91
ANEXO I: PLANOS MER FASE A – MAPAS ESTRATÉGICOS BÁSICOS: ....	93
ANEXO II: PLANOS MER FASE B – ZED1 - MAPAS ESTRATÉGICOS DE DETALLE: .....	100
ANEXO III: PLANOS MR – ZED1 - MAPAS DE DETALLE: .....	109
ANEXO IV – PLANO DE LOCALIZACIÓN DE PUNTOS DE MEDIDA DE RUIDO .....	118

## I. INTRODUCCIÓN

La aprobación de la Directiva 2002/49/CE [1] sobre evaluación y gestión del ruido ambiental, la Ley 37/2003 del Ruido [2] que la traspone, y los Reales Decretos RD 1513/2005 [3] y RD 1367/2007 [4] que la desarrollan, obligan, en lo que respecta a carreteras:

- En una primera fase (año 2007): a la realización de mapas estratégicos de ruido de grandes ejes viarios (aquellos con tráfico superior a 6.000.000 veh/año o lo que es lo mismo, que posean una Intensidad Media Diaria (IMD) superior a 16.438 vehículos).
- En una segunda fase (año 2012 y cada 5 años): a la revisión de estos mapas estratégicos de ruido y la elaboración de los ejes viarios con tráfico superior a 3.000.000 veh/año.

Cada año posterior a la entrega de mapas, los Estados Miembros deben elaborar planes de acción encaminados a afrontar, en su territorio, las cuestiones relativas al ruido y a sus efectos, incluida la reducción del ruido si fuese necesaria con respecto a los lugares próximos, en este caso, a los grandes ejes viarios.

De acuerdo con esto, la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento ha llevado a cabo la gestión y control de calidad de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de competencia autonómica correspondientes a la primera fase; esto implica el estudio de unos 6.400 km. de carreteras pertenecientes a la Red de Carreteras del Estado que se han notificado al Ministerio de Medio Ambiente.

Esta primera entrega se inició para todos los Estados Miembros desde otoño de 2006 con fecha límite de entrega junio de 2007, posteriormente se revisará y modificará cada 5 años.

El proyecto se está llevando a cabo en España bajo el acrónimo de EGRA (Evaluación y Gestión del Ruido Ambiental) [5].

Desde la Dirección General de Carreteras se han realizado una serie de trabajos previos y estudios piloto [6] que han permitido crear, prácticamente desde cero, una metodología básica y establecerla para la realización de los mapas de manera acorde a las exigencias de la Directiva y a la Ley del Ruido, a partir de la cual se han elaborado:

- Los mapas estratégicos de ruido básicos, escala 1:25.000, correspondientes a la Fase A o fase de estudio básico.
- Los mapas estratégicos de detalle, a escala 1:5.000, correspondientes a la Fase B.<sup>1</sup>

Para la elaboración de dichos MER, el Ministerio de Fomento ha agrupado las carreteras por zonas geográficas y corredores de tráfico, de manera que se han llevado a cabo 20 estudios independientes, aunque todos ellos han seguido unas prescripciones técnicas comunes pero han dejado ciertos aspectos a criterio del consultor acústico [5] [6].

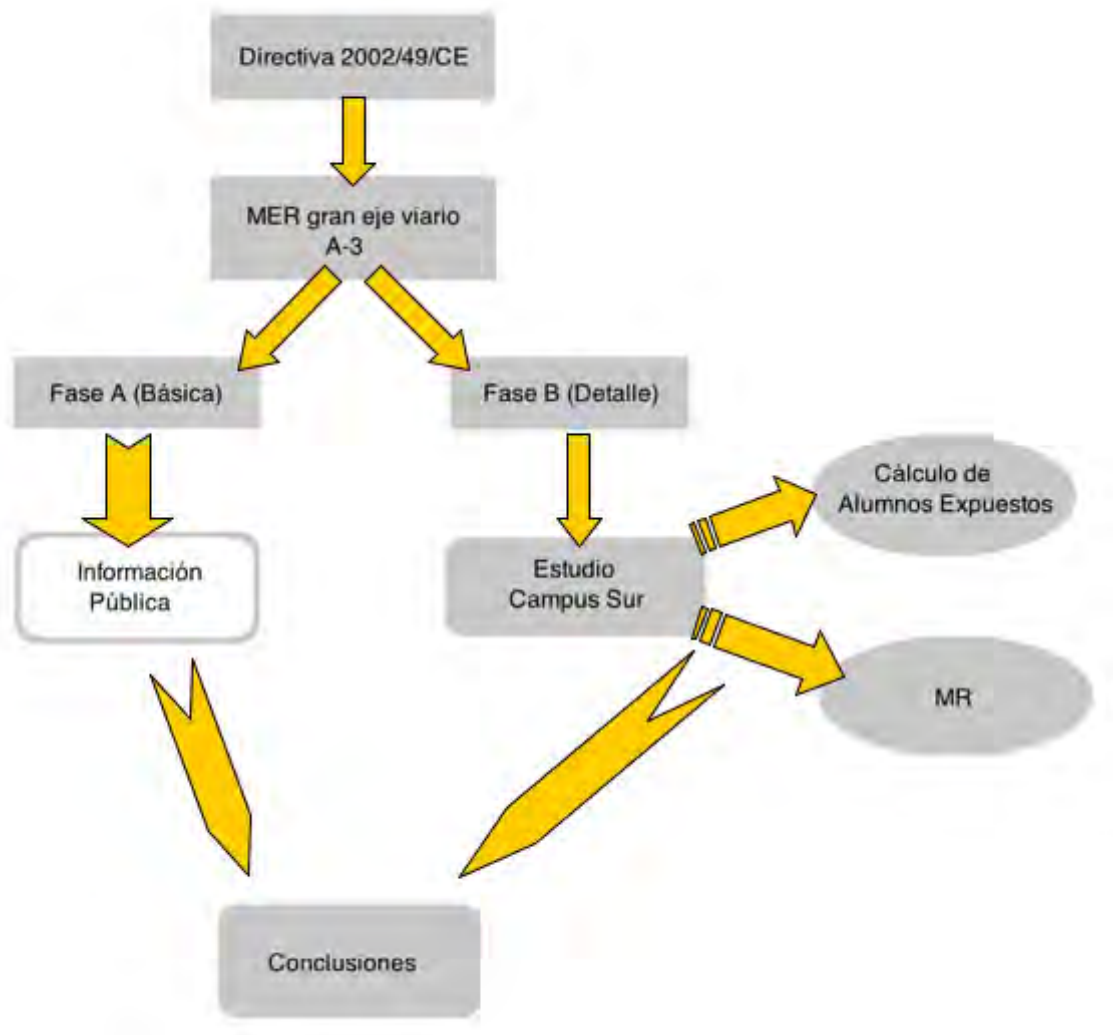
El Campus Sur de la U.P.M., dada su cercanía con la autopista A-3, (que forma parte de la primera fase de estudio para el Ministerio de Fomento, en cumplimiento con la Directiva, debido a su tráfico anual), ha quedado incluido en una de las Unidades de Mapa Estratégico (UME) delimitadas por el Ministerio y englobada en el “MER de los grandes ejes viarios de la Red General de Carreteras de la Comunidad de Madrid”, cuyos resultados son de manera obligatoria de información pública [7]. Los más relevantes, en lo que respecta a nuestro estudio, se expondrán en el punto VIII.3 del presente informe.

---

<sup>1</sup> No se deben confundir las fases de ejecución de los mapas estratégicos de ruido con las fases de entrega en función del aforo de las vías. La primera fase de entrega (2007) corresponde a la entrega completa de los mapas estratégicos de ruido de los grandes ejes viarios, tanto de fase A como de fase B.

## I.1. OBJETO DEL PROYECTO

La *Ilustración 1* recoge de manera esquemática el objeto del presente proyecto:



***Ilustración 1 – Esquema del objeto y contenido del proyecto.***

En cumplimiento de la Directiva 2002/49/CE en lo referente a carreteras, se han llevado a cabo en España, en el año 2007, los mapas estratégicos de ruido (MER) de los grandes ejes viarios de más de 6 millones de vehículos / año (datos 2006). En esta categoría se encuentra la A-3 a su paso por el Campus Sur de la U.P.M.

Estos MER se dividen en dos partes:

- Fase A, en la que la empresa adjudicataria del MER ha elaborado los mapas básicos de ruido de la A-3 en la Comunidad de Madrid. (Estos resultados son de información pública). [7]
- Fase B o de estudio de detalle. Tras la realización de la Fase A, la empresa adjudicataria determina, según su criterio, las zonas en las que sería necesario realizar un estudio más detallado y procede a su realización.

El Campus Sur de la U.P.M. no fue elegido para un estudio en fase B, por lo que en el siguiente proyecto se ha elaborado un estudio de detalle de dicha zona de la misma manera que se haría para una entrega oficial de MER en cumplimiento de la Directiva para valorar si habría sido necesaria, o al menos justificada, su inclusión del Campus Sur en la fase B.

Los mapas de cumplimiento de la Directiva no contemplan, ni en la fase A ni en la B, el cálculo de número de alumnos expuestos a niveles de ruido por encima de los permitidos. Todos los cálculos se realizan teniendo en cuenta únicamente la población residencial.

Al tratarse nuestra zona de estudio de un área en la que principalmente encontramos edificios docentes, se ha realizado una valoración del número de alumnos expuestos de igual manera que se habría hecho para población en superficie residencial.

Se detallan en el presente informe los diferentes criterios que debe tomar un consultor acústico durante la elaboración de un MER ante la falta de una metodología totalmente definida para cumplir las exigencias de la Directiva en esta primera fase de entregas (2007) y el camino que se inició tras esta fecha con el fin de unificar criterios de cara a la entrega de 2012 y posteriores.

Por último, en lo que a mapas se refiere, se ha realizado un mapa de ruido (MR) tradicional de la zona para comparar ambas situaciones: MER considerando únicamente la aportación de la A-3 / MR con la aportación de todas las fuentes de tráfico rodado presentes en la zona para el mismo año de caracterización.

En el presente proyecto se pretende por tanto:

- Marcar las diferencias fundamentales entre Mapa de Ruido (MR) y Mapa Estratégico de Ruido (MER), particularizando el presente estudio para el caso concreto de las prescripciones impuestas por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento en la realización de los mismos en la primera fase de aplicación de la Directiva (grandes ejes viarios - 2007) y tomando como ejemplo para el estudio acústico el Campus Sur de la U.P.M.



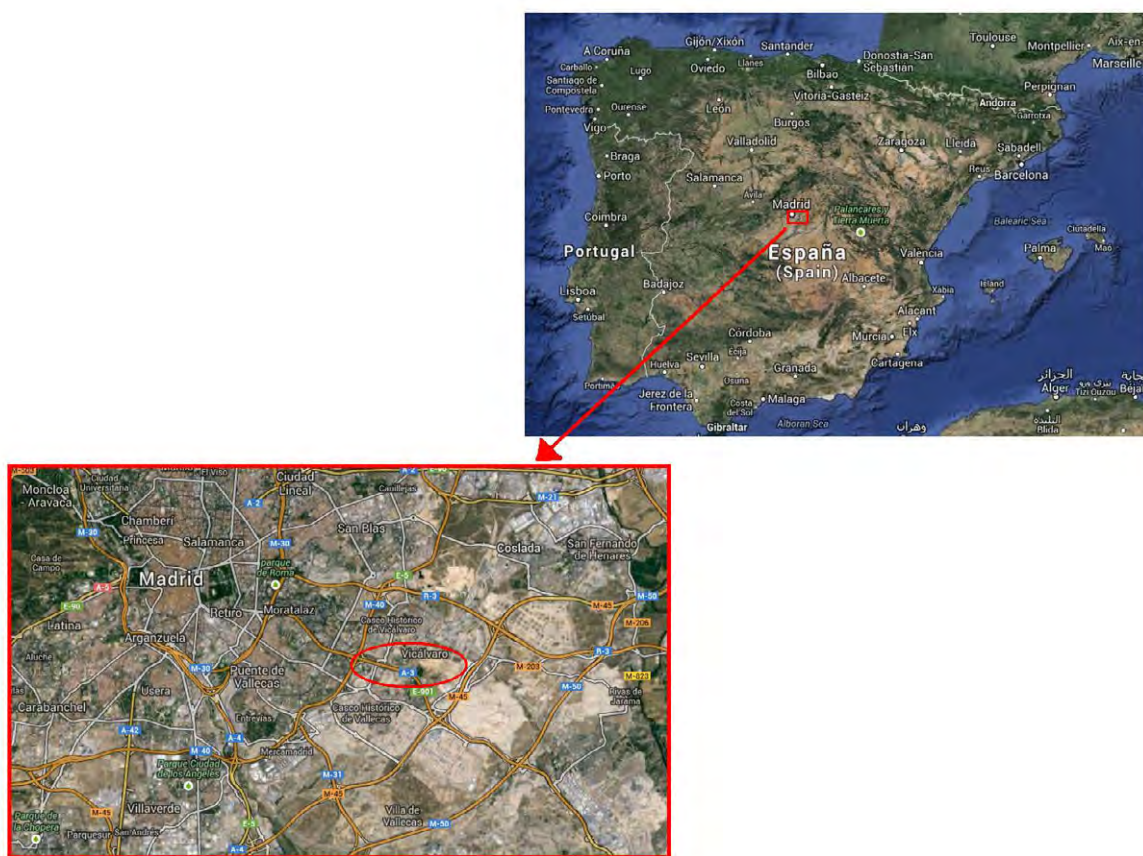
- Realizar un MER de la zona de detalle (fase B) Campus Sur de la U.P.M. de acuerdo con las prescripciones técnicas impuestas por el Ministerio de Fomento en la primera fase de entregas (2007), utilizando para ello sistemas de información geográfica (SIG).
- Evaluar los resultados de los MER analizando las ventajas e inconvenientes que presenta el seguimiento de dichas prescripciones técnicas.
- Identificar las decisiones técnicas más relevantes que debe tomar el consultor acústico durante la ejecución de un proyecto de dichas características y revisar las medidas que se están tomando en la actualidad para solucionar los problemas de no unificación de criterios de cara a la segunda fase de entrega de dichos mapas y posteriores.

## I.2. CONTENIDO DEL PROYECTO

- Breve introducción. Diferenciación entre MER y MR. Presentación del software utilizado, localización del área de estudio, normativa y datos de partida.
- Presentación de los MER (fase A) de información pública – Primera fase de entregas: Grandes ejes viarios (2007):
  - Mapa de niveles sonoros  $L_{den}$
  - Mapa de niveles sonoros  $L_{noche}$
  - Mapa de afección
- Criterios de selección de zonas de detalle y elaboración de los MER (fase A, estudio básico):
  - Delimitación de zonas de estudio de detalle
  - Mapa de exposición  $L_{den}$
  - Mapa de exposición  $L_{noche}$
- Elaboración y presentación de los MER (fase B) para la Zona de Estudio de Detalle (ZED) Campus Sur de la U.P.M.:
  - Mapa de niveles sonoros  $L_{den}$ ,  $L_{noche}$ ,  $L_{día}$  y  $L_{tarde}$ .
  - Mapa de exposición  $L_{den}$ ,  $L_{noche}$ ,  $L_{día}$  y  $L_{tarde}$ .
- Exposición de los diversos criterios que debe tomar un consultor acústico durante la realización de un MER. Valoración de la necesidad de unificación de dichos criterios y medidas tomadas tras la primera entrega de mapas estratégicos de ruido de carreteras (2007).
- Elaboración de los MR para la zona de estudio Campus Sur de la U.P.M.:
  - Validación del modelo en base a medidas de ruido.
  - Mapa de niveles sonoros  $L_{den}$ ,  $L_{noche}$ ,  $L_{día}$  y  $L_{tarde}$ .
  - Mapa de exposición  $L_{den}$ ,  $L_{noche}$ ,  $L_{día}$  y  $L_{tarde}$ .
- Comparación resultados MER (grandes ejes viarios) – MR.
- Conclusiones finales.

## II. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

La zona bajo estudio: Campus Sur de la U.P.M. se encuentra en el término municipal de Madrid, provincia de Madrid, barrio de Palomeras Sureste del Distrito de Puente de Vallecas. El esquema de localización se muestra en la *Ilustración 2*:



*Ilustración 2 – Esquema de localización de la zona de estudio.*

El Campus Sur de la U.P.M. se extiende desde la confluencia de la carretera A-3 (P.K. 6+800)<sup>2</sup> con la carretera M-40 (P.K. 15+800) hasta el (P.K. 7+200) de la A-3. Dentro de dicha área de estudio de detalle el uso predominante es el docente, no encontrándose edificaciones residenciales en ella pero sí edificios industriales o de oficinas.

<sup>2</sup> P.K. – Punto kilométrico





*Ilustración 3 – Imagen satélite del Campus Sur (2007).*



*Ilustración 4 – Detalle 3D Campus Sur (2007).*

En el punto VII.3 del presente documento se describen las edificaciones sensibles para las que se evaluarán los valores objetivo a cumplir.

## II.1. PRINCIPALES FUENTES DE RUIDO

Las principales fuentes de ruido son:

- Gran eje viario A-3
- Carretera M-40
- Enlaces A-30 / M-40 y viceversa
- En menor medida: viales internos del Campus Sur de la U.P.M.

Los periodos considerados según el pliego de prescripciones técnicas (punto IV) y la normativa (punto III) son:

Día – 7:00 a 19:00 h, con 12 horas de duración, obteniéndose  $L_{\text{día}}$ .

Tarde - 19:00 a 23:00 h, con 4 horas de duración, obteniéndose  $L_{\text{tarde}}$ .

Noche - 23:00 a 7:00 h, con 8 horas de duración, obteniéndose  $L_{\text{noche}}$ .

Se realizan también cálculos para el índice de ruido ponderado 24 h. "día-tarde-noche",  $L_{\text{den}}$  que es el principal en los MER.

### **Para los MER de grandes ejes viarios:**

En los MER, de acuerdo con las prescripciones técnicas de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento [5] para la primera entrega de los grandes ejes viarios (2007), y dando cumplimiento a la Directiva 2002/49/CE, únicamente se tiene en cuenta el gran eje viario A-3. (tráfico superior a 6.000.000 veh/año).

Como se especifica en el punto IV del presente informe, en el pliego de prescripciones técnicas (documento a seguir durante la elaboración de los MER), se indica que *"los mapas deben contemplar como fuente de ruido únicamente los tramos de carretera que constituyen la unidad de mapa estratégico UME; por lo tanto, los resultados de cada UME son independientes entre si"*.

En la fase A (estudio básico), se presenta la información que está a disposición pública, de la que se ha tomado únicamente la información relativa a la primera hoja de los mapas correspondientes a la UME A-3 al ser la que comprende nuestra zona de estudio; esta zona viene determinada por la carretera A-3 y su área de influencia (isófona  $L_{\text{den}} = 55 \text{ dB(A)}$  y  $L_{\text{noche}} = 50 \text{ dB(A)}$ ).

El Campus Sur de la U.P.M., que es nuestra zona de estudio, no se eligió en los MER oficiales de la A-3 (Comunidad de Madrid) para un estudio de detalle en la fase B. En el presente proyecto se ha recopilado la información necesaria para su elaboración y se han obtenido los mapas resultantes.



No existen viaductos ni túneles en la A-3 dentro del área de estudio (aunque sí en sus enlaces y vías de servicio). La plataforma de la autovía en este tramo está formada por tres carriles principales por cada sentido. El tipo de firme se corresponde con el asfalto bituminoso.

Justo a su paso por el Campus Sur, la elevación de la A-3 es ligeramente superior a la cota base de terreno del campus y no presenta pantallas acústicas artificiales ni naturales.



***Ilustración 5 – A-3 a su paso por el Campus Sur de la U.P.M.***

Los datos de aforo utilizados en los MER fase A (de información pública) corresponden al tramo que identifican como “Tramo 01 de la UME 03” en el estudio completo del corredor MER de los grandes ejes viarios de la Comunidad de Madrid. Se muestran en la *Tabla 1*:

Eje viario	Inicio	P.K. inicial	Final	P.K. Final	Longitud (km)	IMD 2003	Intensidad ligeros (veh/h)		Velocidad (km/h)	Intensidad pesados (veh/hora)		Velocidad (km/h)
A-3	Enlace M-40	6,8	Enlace M-45	10,6	3,8	123.198,00	día	6.182	110	día	325	100
							tarde	7.074		tarde	144	
							noche	1.941		noche	76	

***Tabla 1 – Tabla de tráfico, distribución horaria y velocidades. A-3 MER Fase A (información pública).***

Podemos observar que han tomado los datos relativos a 2003, seguramente porque la información de la plataforma de la carretera de la que disponían era de la misma fecha.

Por otra parte, no han considerado diferencia de velocidad para los periodos día, tarde y noche ya que, dada la elevada intensidad de tráfico, así como la existencia de numerosas incorporaciones y salidas de la autovía, en este tramo 01 han reducido la velocidad de los ligeros a 110Km/h en lugar de los 120Km/h permitidos para este tramo de la vía en los carriles principales. No han tenido en cuenta las vías de servicio o al menos no lo indican en su memoria resumen.

El pliego de prescripciones técnicas no obliga a la inclusión de los enlaces y vías de servicio, queda a criterio del consultor acústico (sometido a la validación por parte de la Dirección del proyecto desde el Ministerio): *“De forma general, no se considerarán ramales de enlaces, asignándose todo el tráfico a los ejes principales de circulación.”*

Para nuestro estudio de detalle (fase B), que además pretende ampliar la información acústica en la zona, sí se han incluido las vías de servicio y enlaces con la M-40, para las que se ha considerado, según recomendaciones del pliego, un 10% del tráfico de las vías principales.

Estos datos de aforo del eje de la A-3 han sido recopiladas por medio de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento para el año 2006 y en la estación de aforo del P.K. 7+300. Se ha elegido este año al ser el anterior más cercano a la fecha de entrega de la primera fase (2007) y siguiendo las indicaciones del pliego de prescripciones técnicas respecto a la procedencia de los datos de aforo:

*“Los datos básicos de tráfico utilizados para el cálculo de los niveles sonoros en los 3 periodos requeridos, día (7-19h), tarde (19-23 h) y noche (23-7h) serán los últimos publicados por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.”*

Por otra parte, en este mismo año 2006 se realizaron medidas acústicas para validar el modelo (algo opcional según el pliego).

La *Tabla 2* muestra los aforos introducidos en el programa de simulación Cadna-A para estas vías:

Eje viario	Inicio	P.K. inicial	Final	P.K. Final	Longitud (km)	IMD 2006	Intensidad ligeros (veh/h)		Velocidad (km/h)	Intensidad pesados (veh/hora)		Velocidad (km/h)
A-3	Enlace M-40	6,8	Fin Campus	7,3	3,8	131.086,00	día	6.330	120	día	347	100
							tarde	7.026		tarde	158	
							noche	1.876		noche	88	

**Tabla 2 – Tabla de tráfico, distribución horaria y velocidades MER Fase B Eje A-3**

A la vista de estos datos comprobamos que los aforos de partida para el estudio de la fase B son similares a los utilizados en la fase A por la empresa adjudicataria del MER de grandes ejes viarios que incluye la A-3 dentro de la Comunidad de Madrid, salvando la pequeña diferencia debida a los tres años que transcurren entre unos datos y otros. Es importante resaltar que entre 2003 y 2006 no se ha realizado modificación del número de carriles de la A-3 ni de su trazado.

Por ello, los resultados que se obtienen en el presente estudio son perfectamente comparables con los de acceso público de la fase A de los MER de la Comunidad de Madrid para la A-3.



**Para los MR:**

En los mapas de ruido de detalle de la zona de estudio, además de la carretera A-3 se ha tenido en cuenta el aforo de su vía de servicio e incorporaciones, el de la M-40 y de las carreteras internas del Campus.

Como se ha comentado para el caso de los MER y según se observa en la *Ilustración 5*, la A-3 a su paso por nuestra zona de estudio presenta una elevación ligeramente superior a la cota base del Campus Sur y está formada por tres carriles principales por cada sentido (asfalto bituminoso).

El acceso al Campus Sur y su incorporación a la vía de servicio de la A-3 (sentido creciente de los P.K., sentido Valencia) presenta un talud natural únicamente hacia el lado opuesto al Campus Sur según se aprecia en la *Ilustración 6*.



***Ilustración 6 – Vía de servicio de la A-3 a su paso por el Campus Sur de la U.P.M.***

La intersección con la M-40 se realiza mediante viaducto sobre la A-3 no existiendo pantallas acústicas en él:



***Ilustración 7 – Viaducto de la M-40 sobre la A-3 en la zona de estudio.***

Los enlaces de la M-40 a la A-3 y viceversa se realizan por tanto en pendiente ya que ambas carreteras se encuentran a diferente altura:



**Ilustración 8 – Enlace A-3 (P.K. crecientes) a M-40 Norte.**

El origen de los aforos para la A-3 y la M-40 en los MR es la Dirección General de Carreteras (Ministerio de Fomento) para el año 2006 en las estaciones de aforo del P.K. 7+300 de la A-3 y del P.K. 16+700 de la M-40. Las vías de servicio y los enlaces se han estimado teniendo en cuenta la recomendación del pliego de utilizar el 10% de la vía principal ajustando dichos valores en función de los datos de conteos de la visita a campo.

Los datos de aforo utilizados en la fase los MR se presentan en la **Tabla 3**:

Eje viario	IMD 2006	Intensidad ligeros (veh/h)		Velocidad (km/h)	Intensidad pesados (veh/hora)		Velocidad (km/h)
A-3	131.086,00	día	6.330	120	día	347	100
		tarde	7.026		tarde	158	
		noche	1.876		noche	88	
Vías de servicio A-3	18.459,00	día	925	70	día	51	70
		tarde	1.058		tarde	24	
		noche	193		noche	9	
Enlaces A-3/M-40	6.154,00	día	308	50/70	día	17	50/70
		tarde	353		tarde	8	
		noche	64		noche	3	
M-40	108.500,00	día	5.151	100	día	282	100
		tarde	5.623		tarde	123	
		noche	1.615		noche	76	

**Tabla 3 – Tabla de tráficos, distribución horaria y velocidades de la A-3, la M-40 y sus enlaces. MR.**

Con respecto a los viales internos del Campus Sur de la U.P.M., se han obtenido por conteo mediante varias visitas a campo (año 2006) en diferentes días laborables y para varias franjas horarias con el fin de obtener unos datos estadísticos representativos de la situación y que caractericen los cuatro viales con más afluencia de tráfico del área de estudio.

Estos viales se muestran en la **Ilustración 9** y sus aforos en la **Tabla 4**:



**Ilustración 9 – Viales internos del Campus Sur de la U.P.M.**

Vial interno	Día (veh/h)	Tarde (veh/h)
Circunvalación Campus	172	151
Calle de Informática	68	56
Calle de Topografía / EUITT	68	66
Camino de la Arboleda	150	173

**Tabla 4 – Tabla aforos en los viales internos del Campus Sur. MR.**

Se ha estimado que durante la noche el tráfico que pueda haber en estos viales internos no es relevante puesto que se trata de un área mayoritariamente docente donde la actividad tiene lugar durante los periodos de día y tarde. La velocidad promedio es de 40 Km/h y el porcentaje de pesados del 12%.

## II.2. PLANEAMIENTO Y ZONIFICACIÓN ACÚSTICA

### II.2.A. Planeamiento urbanístico

Se ha recopilado la información procedente de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Comunidad de Madrid para el año 2005 [9].

Tal y como establece el Real Decreto Legislativo 1/1992, de 26 de junio [10], por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley sobre el Régimen del Suelo y Ordenación Urbana, el suelo se clasificará en: suelo urbano, urbanizable y no urbanizable. En el caso de la Comunidad de Madrid, en aplicación de la Ley 9/2001, de 17 de julio, del Suelo de la CAM, de 17 de julio, [11] se debe además diferenciar entre urbanizable sectorizado / no sectorizado y suelo no urbanizable protegido.

De esta forma, para la clasificación del suelo se han tenido en cuenta las categorías mostradas en la *Tabla 5*:

PLANEAMIENTO CLASIFICACIÓN	
<b>UB</b>	Urbano
<b>UZ</b>	Urbanizable
<b>UNS</b>	Suelo urbanizable no sectorizado
<b>NUP</b>	Suelo no urbanizable protegido
<b>SG</b>	Sistemas generales

*Tabla 5 – Clasificación planeamiento.*



## II.2.B. Usos de suelo

La fuente de información relativa a la calificación del suelo y su ocupación según sus usos ha sido la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de Madrid.

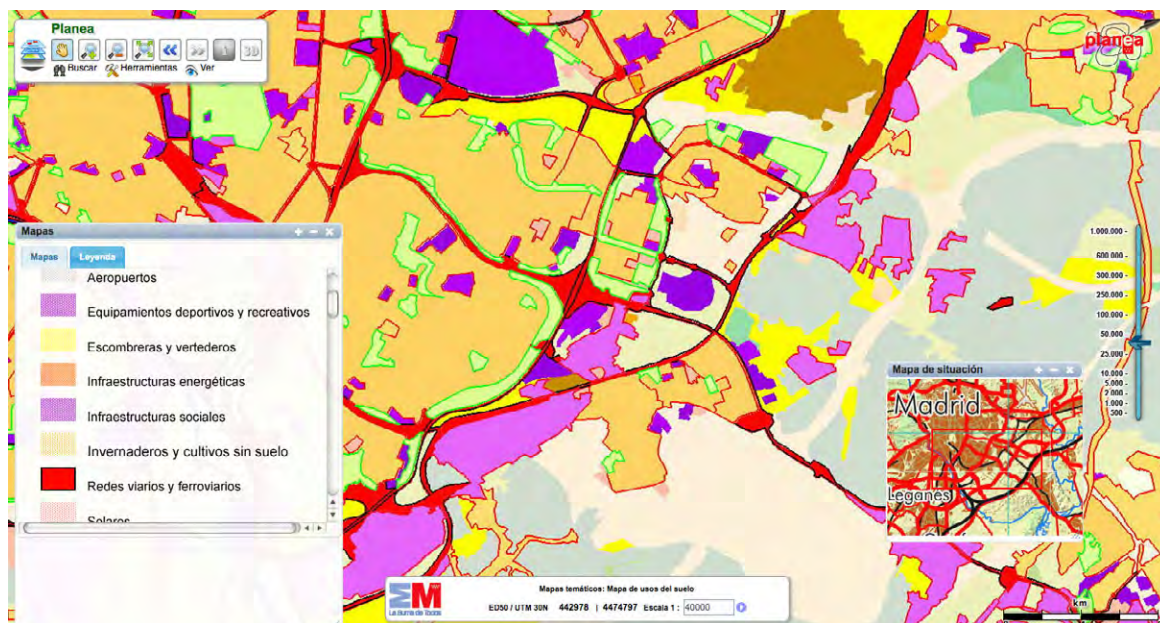


Ilustración 10 – Esquema de usos de suelo del área de interés (Campus Sur U.P.M.).

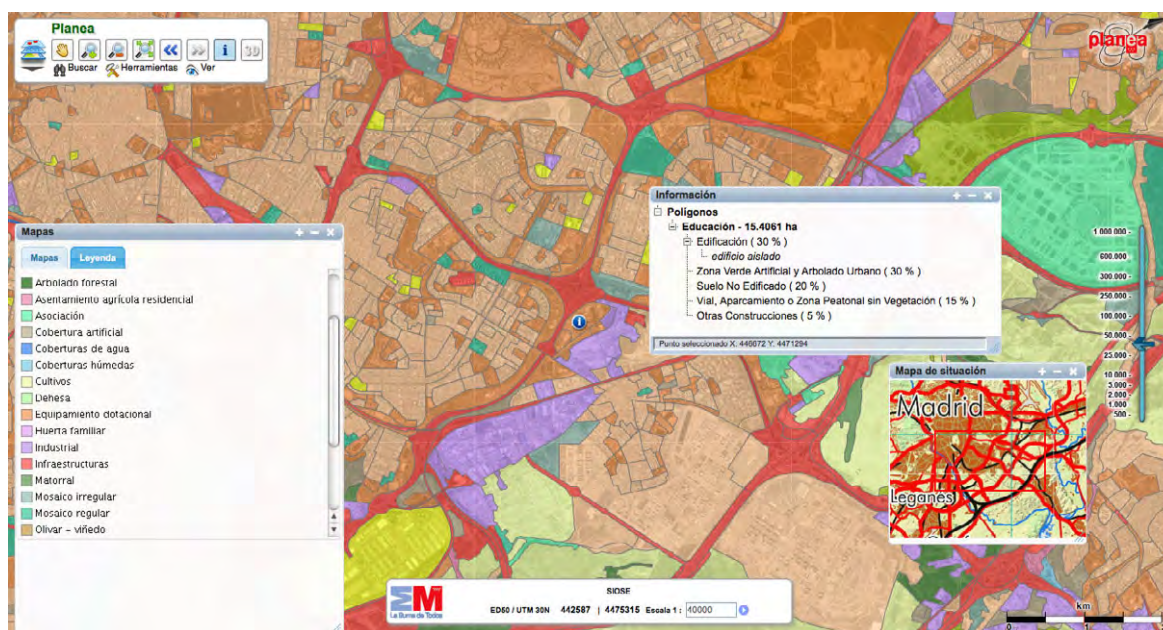


Ilustración 11 – Sistema de Información geográfica (SIG) de la ocupación del suelo en el Campus Sur U.P.M.

## II.2.C. Zonificación acústica

Las áreas de zonificación atendiendo a la clasificación del suelo según su uso predominante están definidas por la Ley del Ruido 27/2003, donde se definen siete categorías. Además, esta ley da la opción de guiarse por la clasificación de las zonas que cada comunidad autónoma determine, es por esto por lo que estas categorías se han comparado e identificado con las definidas por la Comunidad de Madrid en el Decreto 78/1999 [12] ya que el MER elaborado en el presente proyecto debe atender a toda la Comunidad de Madrid para poder ser comparables los criterios con los del MER oficial en la primera fase de entrega de la Comunidad de Madrid aunque nos centremos posteriormente en el área de estudio de detalle del Campus Sur de la UPM ubicado en Madrid capital.

La correspondencia para la Comunidad de Madrid se muestra en la *Tabla 6* donde se han considerado los niveles sonoros admisibles, y los usos de suelo establecidos.

ZONIFICACIÓN Ley 37/2003	C. MADRID (DECRETO-78/1999)	NIVEL SONORO dB (A)	
		Ldía dB (A)	Lnoche dB (A)
Suelo con predominio uso residencial	Uso residencial, zona verde	65	50
Suelo con predominio uso industrial	Industrial	75	70
Suelo con predominio uso recreativo espectáculos	Uso Dotacional: Equipamiento – cultural y recreativo	80	75
Suelo con predominio uso terciario distinto al anterior	Hospedaje, oficinas o servicios, comercial, deportivo, recreativo	70	60
Suelo con predominio sistemas generales de infraestructuras	Servidumbres sonoras de infraestructuras de transporte y espectáculos al aire libre	80	75
Suelo con predominio uso sanitario, docente y cultural	Docente, Sanitario, Cultural	60	50
Espacios naturales	Espacios protegidos	60	50

**Tabla 6 – Tabla comparativa normativa estatal y C. Madrid.**

Atendiendo a todo ello, la propuesta de zonificación acústica para el MER en la primera fase de entrega de la C. Madrid sería el presentado en la *Tabla 7*:

ZONIFICACIÓN NORMATIVA ESTATAL Y PLANEAMIENTO URBANISTICO C. MADRID		
NORMATIVA ESTATAL	PLANEAMIENTO URBANÍSTICO C.MADRID	PROPUESTA DE ZONIFICACIÓN ACÚSTICA
Suelo con predominio uso residencial	Residencial	Residencial
Suelo con predominio uso industrial	Industrial	Industrial
Suelo con predominio uso recreativo espectáculos	Recreativo /Espectáculos (Uso Dotacional: Equipamiento – cultural y recreativo)	Recreativo/Espectáculos
Suelo con predominio uso terciario distinto al anterior	Terciario	Terciario
Suelo con predominio sistemas generales de Infraestructuras	Equipamientos de Infraestructuras	Equipamientos
Suelo con predominio uso sanitario, docente y cultural	Sanitario, Docente y Cultural (Equipamientos de Salud, Educativo, Cultural, Bienestar social y Religioso)	Sanitario, Docente y Cultural
Espacios naturales	Rústico sin protección específica	Espacios Naturales sin protección
	Rústico con protección específica	Espacios Naturales con protección

***Tabla 7 – Propuesta de zonificación acústica para el MER en la C. Madrid.***



### III. ANÁLISIS DE LA NORMATIVA

Nuestra zona de estudio (Campus Sur de la U.P.M.) se encuentra en Madrid Capital, por lo que se acogería a la Ordenanza General de protección del Medio Ambiente del Ayuntamiento de Madrid [13]. Al estar englobada dentro de un MER y, para que los criterios de calidad acústica resulten comparables con los MER oficiales de grandes ejes viarios de la Comunidad de Madrid entregados en la primera fase (2007) y que se encuentran a disposición pública, los valores objetivo serán los de la normativa autonómica: Decreto 78/1999, aunque los valores objetivo en los edificios docentes, que son los que nos preocupan en el presente estudio del Campus Sur, coinciden en la normativa autonómica y la municipal.

A continuación se presenta una síntesis de la normativa acústica relacionada con los objetivos del presente estudio.

#### III.1. Normativa europea

La Directiva 2002/49/CE, de 25 de junio de 2002, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental, regula esta materia en el ámbito de la Unión Europea y requiere que las autoridades competentes de los distintos Estados Miembros elaboren los MER de las principales infraestructuras y de las grandes aglomeraciones ( $\geq 250.000$  habitantes), con el objeto de informar a la población sobre la exposición al ruido y sus efectos para poder desarrollar los planes de acción en aquellas zonas donde los niveles sean elevados y se considere prioritario ajustar la calidad ambiental sonora a la sensibilidad del uso.

#### III.2. Normativa estatal

La Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido y el Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre que la desarrolla, establecen las clases de zonas acústicas que conformarán los objetivos mínimos de calidad acústica.

Con la aprobación del Real Decreto 1513/2005, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental, se completa la trasposición de la Directiva 2002/49/CE y se precisan los conceptos de ruido ambiental y sus efectos sobre la población. Posteriormente el RD 1367/2007 concreta los valores objetivos de calidad acústica.

### III.3. Normativa autonómica

El área de estudio de detalle se encuentra en su totalidad en la Comunidad de Madrid, contando en la fecha de entrega de la primera fase de MER de grandes ejes viarios (2007) con normativa legal específica relativa a la zonificación acústica del territorio, de acuerdo con el Decreto 78/1999, de 27 de Mayo, por el que se regula el régimen de protección contra la contaminación acústica de la Comunidad de Madrid (B.O.C.M. Martes, 8 de junio de 1.999)<sup>3</sup>.

Este Decreto clasifica distintas áreas de sensibilidad acústica en función de la tipología de usos del suelo, fijando unos valores objetivo para suelos urbanísticamente consolidados (que es el caso de nuestra zona de estudio).

Dichas clases de áreas de sensibilidad acústica definidas por el Decreto 78/1999, y los valores objetivo para las zonas urbanas consolidadas se muestran en la *Tabla 8*:

VALORES OBJETIVO EXPRESADOS EN LA <sub>eq</sub>		
Área de sensibilidad acústica	Periodo diurno	Periodo nocturno
TIPO I (Área de silencio)	60	50
TIPO II (Área levemente ruidosa)	65	50
TIPO III (área tolerablemente ruidosa)	70	60
TIPO IV (Área ruidosa)	75	70
TIPO V (Área especialmente ruidosa)	80	75

**Tabla 8 – Valores objetivo definidos en el Decreto 78/1999.**

Donde:

Tipo I: Área de silencio. Zona de alta sensibilidad acústica, que comprende los sectores del territorio que requieren una especial protección contra el ruido. En ella se incluyen las zonas con predominio de los siguientes usos del suelo:

Sanitario, docente / educativo, cultural, espacios protegidos.

---

<sup>3</sup> En la actualidad, el Decreto 55/2012, de 15 de marzo deroga el Decreto 78/1999, de 27 de mayo, por el que se regula el régimen de protección contra la contaminación acústica de la Comunidad de Madrid y dispone que el régimen jurídico aplicable en la materia será el definido por la legislación estatal.

Tipo II: Área levemente ruidosa. Zona de considerable sensibilidad acústica, que comprende los sectores del territorio que requieren una protección alta contra el ruido. En ella se incluyen las zonas con predominio de los siguientes usos del suelo: Residencial, zona verde, excepto en casos en que constituyen zonas de transición.

Tipo III: Área tolerablemente ruidosa. Zona de moderada sensibilidad acústica, que comprende los sectores del territorio que requieren una protección media contra el ruido. En ella se incluyen las zonas con predominio de los siguientes usos del suelo: Uso de hospedaje, oficinas / servicios, comercial, deportivo, recreativo.

Tipo IV: Área ruidosa. Zona de baja sensibilidad acústica, que comprende los sectores del territorio que requieren menor protección contra el ruido. En ella se incluyen las zonas con predominio de los siguientes usos del suelo: Industrial, servicios públicos.

Tipo V: Área especialmente ruidosa. Zona de nula sensibilidad acústica, que comprende los sectores del territorio afectados por servidumbres sonoras en favor de infraestructuras de transporte (por carretera, ferroviario y aéreo) y áreas de espectáculos al aire libre.

Por tanto, los edificios de interés en nuestro estudio se englobarían en el área de tipo I, de uso docente, con unos valores objetivo para periodo diurno de LAeq 60dBA y nocturno de 50dBA.

### III.4. Normativa municipal

Atendiendo a la normativa municipal se deberían cumplir los valores objetivo definidos por la Ordenanza de Protección de la Atmósfera contra la Contaminación por Formas de Energía del Ayuntamiento de Madrid de 31/05/2004. En suelo urbano, dichos valores límite objetivo son los especificados en la *Tabla 9*:

ÁREA RECEPTORA	LAeq semanal	
	DIURNO	NOCTURNO
TIPO I	hasta 60	hasta 50
TIPO II	hasta 65	hasta 55
TIPO III	hasta 70	hasta 60
TIPO IV	hasta 75	hasta 70
TIPO V	sin limitación	

**Tabla 9 – Valores objetivo definidos en la Ordenanza de Protección de la Atmósfera contra la Contaminación por Formas de Energía del Ayuntamiento de Madrid.**

Se establecen las siguientes áreas acústicas:

TIPO I: Área de silencio: Uso equipamiento sanitario, equipamiento bienestar social.

TIPO II: Área levemente ruidosa: Uso residencial, dotacional educativo, dotacional cultural, dotacional religioso, dotacional zonas verdes, (excepto de transición).

TIPO III: Área tolerablemente ruidosa: Uso terciario hospedaje, terciario oficinas, dotacional servicios Administraciones Públicas, terciario comercial, dotacional deportivo, terciario recreativo y espectáculos, a excepción de actuaciones al aire libre, con aforo no definido por el número de asientos.

TIPO IV: Área ruidosa: Dotacional servicios públicos, uso industrial, dotacional servicios infraestructuras, dotacional transporte/intercambiador.

TIPO V: Área especialmente ruidosa: Dotacional ferrocarriles y carreteras, actuaciones al aire libre, dotacional transporte aéreo.

De nuevo los edificios de interés en nuestro estudio se englobarían en el área de tipo I, de uso docente, con unos valores objetivo para periodo diurno de  $L_{Aeq}$  60dBA y nocturno de  $L_{Aeq}$  50dBA.

### III.5. Resumen valores objetivo

Como resumen, los valores objetivo aplicables a los edificios docentes del área de estudio Campus Sur serían los correspondientes a la normativa autonómica especificada en el punto III.3 para que puedan ser comparables los resultados con los del MER de grandes ejes viarios de la Comunidad de Madrid de información pública. No obstante, como hemos visto, estos valores coinciden con los de la normativa municipal (ver punto III.4):

$L_{Aeq}$  60dB(A) en periodo diurno y  $L_{Aeq}$  en periodo nocturno 50dB(A).

En los mapas estratégicos de ruido, los indicadores comunes a todos los Estados Miembros :  $L_{den}$  y  $L_{noche}$  son los prioritarios para el análisis de resultados y propuesta de medidas correctoras. En nuestro caso, al ser un área docente, sin actividad en sus centros en el periodo nocturno, el indicador preferente será  $L_{den}$ .

El pliego de prescripciones técnicas refiere el valor de  **$L_{den}$  55dB(A)** como límite inferior para los cálculos de población expuesta en superficie residencial y es el rango inferior mostrado en los mapas, por tanto se marca el mismo para edificios docentes como valor objetivo.

## IV. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS

El pliego de prescripciones técnicas es un documento que, para esta primera fase de entrega de los MER (2007), define la metodología a seguir durante la elaboración del proyecto (condiciones y criterios técnicos), materias que han de ser objeto del estudio, redacción y presentación de documentos, los mapas a generar y sus aspectos estéticos (no establecidos por la Comisión Europea), los resultados mínimos que se deben obtener, los formatos de entrega o los aspectos informáticos relevantes que debe satisfacer la información digital generada para cumplir:

- Las especificaciones de la Comisión Europea para las comunicaciones entre los Estados Miembros y la propia Comisión.
- La correcta incorporación de la información asociada de los mapas al Sistema de Información sobre la Contaminación Acústica (SICA) de acuerdo con lo estipulado en la Disposición adicional única del R.D. 1513/2005.

El pliego al completo no está a disposición pública. Su entrega se realiza a la empresa adjudicataria de la elaboración del MER en cuestión. No obstante, sí se pueden consultar en la web de EGRA (Evaluación y Gestión del Ruido Ambiental) las instrucciones básicas del pliego para la entrega de los datos asociados a los MER para la primera fase: Grandes ejes viarios (Comunidades Autónomas) y para la segunda fase los "Criterios y condiciones técnicas para la elaboración de los MER de las carreteras de la Red del Estado".

Una de las deficiones más importantes que aparece en el pliego es la de Unidad de Mapa Estratégico (UME):

*"Una UME está formada por tramos contiguos de una carretera de acuerdo a los siguientes criterios generales:*

- *Solamente puede incluir tramos pertenecientes a una misma carretera.*
- *Todos los tramos que conforman la UME deben tener un aforo igual o superior a 6 millones de veh/año en el año de referencia.*
- *Una UME no puede presentar discontinuidades; los tramos deben ser contiguos.*
- *Por criterios administrativos, una UME debe discurrir en su totalidad por una única provincia".*

*“Cada UME se identificará por el nombre de la carretera y un numero adicional en el caso de que una misma carretera esté dividida en varias UME”.*

En dichos documentos se especifica una puntualización clave:

*“Los mapas deben contemplar como fuente de ruido únicamente los tramos de carretera que constituyen la unidad de mapa estratégico UME; por lo tanto, los resultados de cada UME son independientes entre sí”.*

## V. DOCUMENTACIÓN DE CONSULTA ADICIONAL

### V.1. NMPB – Routes – 96

El NMPB – Routes – 96 [14] es el Método Francés de predicción del ruido en carreteras recomendado por la Directiva 2002/49/CE y por el pliego de prescripciones técnicas para la elaboración de los MER tanto en la primera fase de entregas de 2007 como en la última fase de entregas realizada en 2012: *“El método de cálculo para el ruido de tráfico rodado, es el método nacional de cálculo francés “NMPB-Routes-96 (SETRA-CERTU-LCPC-CSTB)”, mencionado en el “Arrêté du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routières, Journal officiel du 10 mai 1995, article 6”, y en la norma francesa “XPS 31-133”. Por lo que se refiere a los datos de entrada sobre la emisión, estos documentos se remiten al “Guide du bruit des transports terrestres, fascicule prévision des niveaux sonores, CETUR 1980”.*

No obstante, en 2008 se realizó una revisión del NMPB Routes que ha implicado la actualización de la guía de emisión (en tercios de octava), la reducción de la altura de la fuente y la introducción de dos espectros distintos. En la parte de propagación, el principal cambio es la sustitución de la fórmula de atenuación a causa del suelo en condiciones de refracción descendente con la finalidad de tener en cuenta la curvatura media de los rayos (refracción) y su dispersión (turbulencia). Además, se añade un término de atenuación para cortes de taludes.

Esta revisión de 2008 de momento no se recomienda en el pliego de prescripciones técnicas para entregas de los MER posteriores a 2008.

El CADNA-A, software utilizado para la simulación acústica, permite la elaboración del mapa de ruido siguiendo el NMPB – Routes – 96 simplemente chequeándolo en una pestaña en la configuración de cálculo.



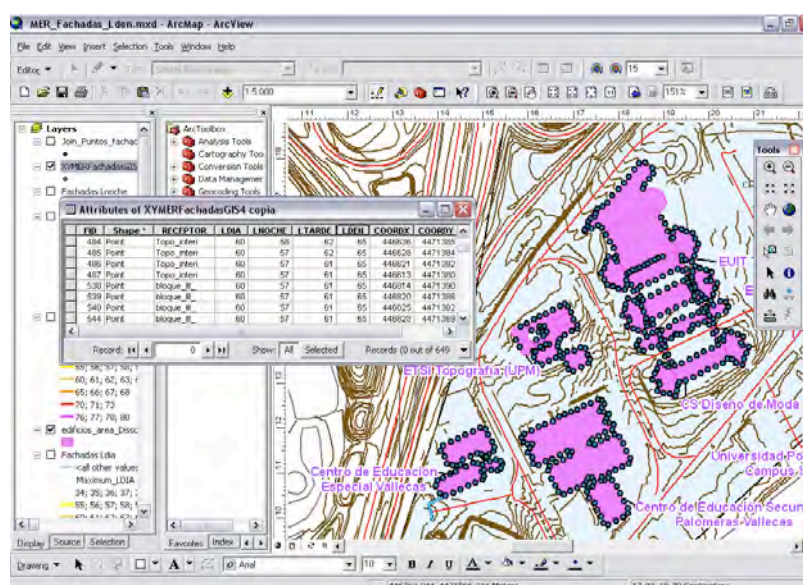
## V.2. WG-AEN – Good Practice Guide

Este documento se trata de una guía de “buenas prácticas” elaborado por el grupo de trabajo europeo (WG-AEN - European Commission's Working Group - Assessment of Exposure to Noise) para la elaboración de mapas de ruido y la extracción de datos de la exposición al ruido.

La fecha de publicación de la versión utilizada para los MER de la primera fase de entregas (2007) es de 13 de enero de 2006, versión 2,<sup>4</sup> [15] y constituye un buen material de consulta a lo largo del proceso de elaboración de los MER; sobre todo para la primera fase de entrega (2007) en la que se contaba con muy poca información al respecto.

En esta guía de buenas prácticas se describen recomendaciones por ejemplo para:

- Simplificar la geometría de los edificios.
- Modelizar las bocas de los túneles en el software de predicción acústica.
- Caracterizar barreras acústicas.
- Definir las fachadas más expuestas.
- Asignar población a los edificios de uso residencial.
- Unir evaluadores de ruido a las fachadas.
- Familiarizarnos con las herramientas de información geográfica.



**Ilustración 12 – Asignación de puntos receptores de ruido a sus fachadas mediante SIG.**

<sup>4</sup> Actualmente hay una revisión de 2008 de esta guía de buenas prácticas.

## VI. CAMPAÑA DE MEDIDAS

### VI.1. VISITA DE CAMPO

La visita de campo es obligatoria en un MER mientras que la realización de medidas caracterizadoras del área de estudio se presenta de manera opcional [6] en el pliego de prescripciones técnicas para la elaboración de los mapas estratégicos de ruido de cumplimiento de la Directiva.

En nuestro caso, se realizó una campaña de medidas durante los meses de febrero a junio de 2006, al mismo año del que hay que introducir los datos de aforo para los MER de la primera fase de entregas (2007) con el fin de validar el modelo de cálculo implementado en Cadna-A utilizado para los MER y los MR.

No obstante, el objetivo principal de este proyecto no es la campaña de medidas sino que se utiliza como un paso más en la ejecución de los mapas; por ello, se presentan únicamente las tablas resumen de resultados y una breve descripción del proceso tal y como se entregaría en un anejo de un MER de la primera fase de entrega (2007).

La zona a caracterizar, Campus Sur es principalmente de uso docente, por lo que los registros se llevaron a cabo en los periodos de día y tarde, que es cuando los centros educativos desarrollan su actividad. De esta manera se caracterizan los niveles de ruido debidos a los movimientos de vehículos en los viales internos.

Para caracterizar estos viales en el software de simulación Cadna-A, es necesario introducir los datos relativos a su aforo: bien con el IMD o con el conteo de vehículos. La Dirección General de Carreteras no posee información relativa a los aforos de estos viales internos y, debido a la ausencia de estaciones de conteo en la zona, tampoco están registrados estos valores en la Junta de Distrito, por lo que la manera de obtener estos datos fue mediante conteo manual de vehículos por estos viales en las mismas fechas en las que se realizaron las medidas acústicas (de febrero a junio de 2006).

Tanto para el registro de medidas de ruido como para el conteo de vehículos se han considerado intervalos suficientes con repeticiones para que sean representativos de la situación. Se explica con más detalle en el punto VI.1.B).

No hay que olvidar que la principal fuente de ruido del Campus Sur son las carreteras A-3 y M-40, por lo que se han colocado puntos en lugares que permitan la validación de los datos de aforo introducidos en el modelo respecto a estas carreteras y facilitados por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento (ver punto II.1 del presente informe).

Los puntos de medida se encuentran localizados sobre plano en la *Ilustración 13*. En el Anexo IV del presente informe se puede consultar el plano completo.



**Ilustración 13 – Localización de puntos de medida de ruido.**

Los puntos marcados en color verde fueron los elegidos como representativos para la validación del modelo de simulación acústica en Cadna-A.

**REALIZACIÓN DE MAPA ESTRATÉGICO DE RUIDO DE LAS CARRETERAS DE LA RED DEL ESTADO  
(A-3 - ZONA CAMPUS SUR DE LA U.P.M.)**

**Inmaculada Lorente González**

Su localización, de acuerdo a las coordenadas European Datum 50 Huso 30, se muestra en la **Tabla 10**. Los puntos están nombrados de acuerdo a la nomenclatura PR\_OOX.

PUNTO DE REGISTRO	COORDENADA X	COORDENADA Y
PR_001	446889,30	4471573,35
PR_002	446884,29	4471571,33
PR_003	446886,31	4471563,32
PR_004	446880,31	4471549,27
PR_005	446867,29	4471538,22
PR_006	446871,35	4471506,15
PR_007	447034,82	4471475,31
PR_008	446892,55	4471409,93
PR_009	446900,66	4471348,79
PR_010	446912,73	4471322,74
PR_011	446911,75	4471311,71
PR_012	446918,79	4471295,68
PR_013	447000,89	4471371,00
PR_014	447050,94	4471421,20
PR_015	446898,78	4471269,59
PR_016	446845,69	4471233,41
PR_017	446776,59	4471185,19
PR_018	446733,44	4471210,19
PR_019	446773,36	4471333,56
PR_020	446716,20	4471342,50
PR_021	446698,04	4471416,66
PR_022	446690,99	4471441,71
PR_023	446691,95	4471468,78
PR_024	446755,05	4471511,99
PR_025	446624,84	4471426,58
PR_026	446589,83	4471376,40
PR_027	446529,72	4471344,22
PR_028	446541,75	4471343,24
PR_029	446549,79	4471332,22
PR_030	446566,98	4471233,00
PR_031	446557,00	4471203,91
PR_032	446527,93	4471200,86
PR_033	446582,12	4471167,85
PR_034	446588,27	4471080,64
PR_035	446617,82	4471428,57
PR_036	446577,78	4471389,41
PR_037	446663,42	4471105,82
PR_038	446699,41	4471171,04
PR_039	446721,44	4471190,12

**Tabla 10 – Tabla resumen de localización de puntos de medida de ruido.**



## VI.1.A. EQUIPAMIENTO DE MEDIDA

El equipamiento utilizado es:

- Sonómetro de precisión RION NL-31 – Cumple las especificaciones de la norma UNE-EN 61672 – (Clase I).



**Ilustración 14 – Instrumentación de medida. Sonómetro RION NL-31.**

- Sonómetro integrador promediador CESVA SC 20c – Utilizado como apoyo en las medidas pero no como sonómetro principal.



**Ilustración 15 – Instrumentación de medida. Sonómetro CESVA SC-20c.**

- GPS Garmin eTrex – Para localización de las coordenadas de los puntos de medida.



*Ilustración 16 – Instrumentación de medida. GPS.*

- Otros accesorios:
  - Trípode.
  - Cinta métrica.
  - Bola antiviento.



## VI.1.B. CAMPAÑA DE MEDIDAS

Las medidas se han realizado según la UNE-ISO 1996-1:2005. Acústica. Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 1: Magnitudes básicas y métodos de evaluación. Parte 2: Determinación de los niveles de ruido ambiental. [18]

Todos los registros realizados poseen las siguientes características:

- Situación del sonómetro con pantalla antiviento sobre un trípode a una altura de 1,5 metros respecto del suelo y a menos de 2 metros de las fachadas cercanas u objetos reflectantes.
- Viento inferior a 5 m/s.
- Situación a registrar dentro de la normalidad de su actividad. Ruido de fondo adecuado.
- Asfalto de la carretera seco.

Se realizaron las mediciones determinando el parámetro  $L_{Aeq,T}$ : Nivel sonoro continuo equivalente. Se define en la norma ISO 1996, como el *“valor del nivel de presión sonora en dB. en ponderación A, de un sonido estable que en un intervalo de tiempo T, posee la misma presión sonora cuadrática media que el sonido que se mide y cuyo nivel varía con el tiempo.”*.

El tiempo de medición en cada una de las posiciones fue siempre superior a 15 minutos, con tres repeticiones de la medida para la misma franja horaria y el mismo día de medida. A su vez se han llevado a cabo estas repeticiones de 3 registros de 15 minutos cada uno en días laborables diferentes y para el periodo de día y de tarde debido a que esta es la franja horaria de actividad de los centros docentes presentes en la zona.

Como media, en cada punto de medida se han llevado a cabo 16 registros (8 en periodo de día y 8 de tarde) de 15 minutos cada uno con el fin de obtener resultados representativos de la zona especificada y calcular así el  $L_{Aeq}$  día y tarde. En ningún momento se han variado las condiciones habituales de los lugares de registro, procurando que las medidas fueran lo más ajustadas a la realidad posible.

Los periodos de día y tarde son los especificados en el punto II.1 del presente informe:

Día – 7:00 a 19:00 h.

Tarde - 19:00 a 23:00 h.

El total de puntos de medida es de 39, se encuentran localizados sobre plano en el Anexo IV del presente informe y en la **Ilustración 13**, se identifican con PR\_OOX.

**REALIZACIÓN DE MAPA ESTRATÉGICO DE RUIDO DE LAS CARRETERAS DE LA RED DEL ESTADO  
(A-3 - ZONA CAMPUS SUR DE LA U.P.M.)**

**Inmaculada Lorente González**

Los valores obtenidos como resultado de dichas medidas se presentan en la **Tabla 11**:

Nombre	Valor medido	
	Día	Tarde
PR_001	74,3	74,2
PR_002	71,1	69,8
PR_003	66,2	67,0
PR_004	64,0	61,4
PR_005	62,7	61,7
PR_006	60,8	58,3
PR_007	60,9	60,9
PR_008	59,4	55,0
PR_009	58,9	56,9
PR_010	61,3	58,6
PR_011	63,5	61,3
PR_012	67,6	63,5
PR_013	68,1	64,9
PR_014	64,7	63,6
PR_015	69,1	67,6
PR_016	65,7	62,2
PR_017	62,1	62,9
PR_018	54,3	54,2
PR_019	50,9	53,8
PR_020	58,4	55,0
PR_021	60,7	57,0
PR_022	60,6	63,4
PR_023	66,5	64,8
PR_024	68,1	65,8
PR_025	62,9	61,5
PR_026	64,3	63,4
PR_027	66,0	62,8
PR_028	68,0	66,5
PR_029	66,5	65,5
PR_030	64,8	63,3
PR_031	63,0	62,6
PR_032	60,1	59,4
PR_033	61,1	59,5
PR_034	60,9	62,2
PR_035	69,2	67,8
PR_036	68,7	67,8
PR_037	63,8	62,3
PR_038	62,5	59,8
PR_039	62,2	57,1

**Tabla 11 – Resultado de las medidas de ruido en los puntos de registro.**

## VI.1.A. VALIDACIÓN DEL MODELO

Para la validación del modelo tridimensional del terreno y sus fuentes de ruido, generado en el programa de simulación acústica Cadna-A, se redujo el número de puntos registrados de manera que todos los viales mostrados en la *Ilustración 9* quedaran representados.

Los datos se importan en Cadna-A como “receptores puntuales” a 1,5 metros del suelo y mediante sus coordenadas UTM quedan geolocalizados.

Se procede a realizar el cálculo para los periodos de día y tarde en dichos receptores con las fuentes de ruido de carreteras activas y se comparan los valores con los medidos.

La *Tabla 12* muestra la comparación de valores medidos y los calculados en Cadna-A:

Nombre	Valor medido		Desviación (+/-)		Valor Calculado en CadnaA		Diferencia Medidas - CadnaA	
	Día	Tarde	Día	Tarde	Día (dBA)	Tarde (dBA)	Día	Tarde
PR_001	74,3	74,2	0,33	0,35	73,2	73,2	1,1	1,0
PR_002	71,1	69,8	0,34	0,31	69,8	69,7	1,3	0,1
PR_003	66,2	67,0	0,34	0,52	68,1	67,6	-1,9	-0,6
PR_005	62,7	61,7	0,41	0,77	65,4	66,5	-2,7	-4,8
PR_009	58,9	56,9	0,53	0,71	60,9	61,7	-2,0	-4,8
PR_014	64,7	63,6	0,60	0,64	65,9	65,9	-1,2	-2,3
PR_016	65,7	62,2	0,33	0,38	65,5	63,4	0,2	-1,2
PR_017	62,1	62,9	0,35	0,44	62,5	60,3	-0,4	2,6
PR_020	58,4	55,0	0,39	0,76	59,1	60,1	-0,7	-5,1
PR_024	68,1	65,8	0,33	0,43	68,3	68,1	-0,2	-2,3
PR_028	68,0	66,5	0,45	0,51	69,0	69,0	-1,0	-2,5
PR_031	63,0	62,6	0,54	0,53	65,3	65,0	-2,3	-2,4
PR_033	61,1	59,5	0,52	0,68	63,4	63,2	-2,3	-3,7
PR_034	60,9	62,2	0,51	0,35	62,9	61,5	-2,0	0,7
PR_036	68,7	67,8	0,64	0,53	71,9	70,2	-3,2	-2,4
PR_037	63,8	62,3	0,38	0,41	63,6	61,1	0,2	1,2

**Tabla 12 – Comparativa valores medidos y calculados para la validación del modelo.**

Se observa en esta *Tabla 12* que de los 16 puntos elegidos para la validación como representativos, únicamente 5 muestran valores diferencia de 3dB(A) por exceso o defecto y solo para uno de los periodos.

Teniendo en cuenta que los aforos introducidos para la A-3 y M-40 provienen de su IMD, que es una intensidad media diaria registrada durante un año completo, es lógica una diferencia en el aforo de esas mismas carreteras para un tiempo de referencia menor de un año y más si tenemos en cuenta que los viales internos se obtienen por conteo y que, tanto en las medidas como en el cálculo, siempre hay una desviación. De hecho, los puntos en los que la diferencia entre los valores medidos y los calculados son mayores coinciden con aquellos en los que la desviación estándar entre los diferentes muestreos realizados en ese punto es mayor.

Por todo ello, el modelo queda perfectamente validado.

## VII. MAPAS ESTRATÉGICOS DE RUIDO (MER) VS. MAPAS DE RUIDO (MR)

Es conveniente establecer la diferencia entre MER y MR:

Un Mapa Estratégico de Ruido (MER), tal como lo define la Directiva 2002/49/EC es un *"mapa diseñado para poder evaluar globalmente la exposición al ruido en una zona determinada, debido a la existencia de distintas fuentes de ruido, o para poder realizar predicciones globales para dicha zona"*, debe contener información que supera con creces el concepto tradicional de Mapa de Ruido (MR) manejado hasta la actualidad.

En este punto radica la principal diferencia entre MR y MER: Un MER es un instrumento diseñado para evaluar la exposición al ruido. Debe aportar información sobre los niveles de ruido originados por la infraestructura de estudio evaluando la población expuesta a diferentes intervalos de niveles de ruido con al menos dos indicadores:  $L_{den}$  y  $L_{noche}$ .

Por ello, un plano correspondiente a un MER debe contener información sobre los niveles de ruido evaluados para cada uno de los indicadores pero también debe aportar datos sobre la población afectada. Por lo tanto, los planos llevan asociada una tabla de valores.

Teniendo en cuenta que la Ley del Ruido establece valores límite separados para los indicadores  $L_{día}$ ,  $L_{tarde}$  y  $L_{noche}$ , los MER de España, incluyen también información para los indicadores  $L_{día}$  y  $L_{tarde}$  que se recopila por el SICA (Sistema de Información sobre Contaminación Acústica) aunque no sean necesarios para el cumplimiento de la Directiva ni sean requeridos por la Comisión Europea.

Es importante aclarar que la diferencia entre un MER y un MR nos es que en el MER no hay que calcular solo la aportación individual de una fuente de ruido y en el MR se tienen en cuenta todas las fuentes presentes ya que son los MER de grandes ejes viarios de cumplimiento de la Directiva 2002/49/CE los que especifican esta característica (como así se recoge en el pliego de prescripciones técnicas).

Es decir, un MER puede perfectamente mostrar los resultados de un cálculo acústico con diversas fuentes de ruido como así lo hacen los MER de aglomeraciones de cumplimiento de la Directiva.

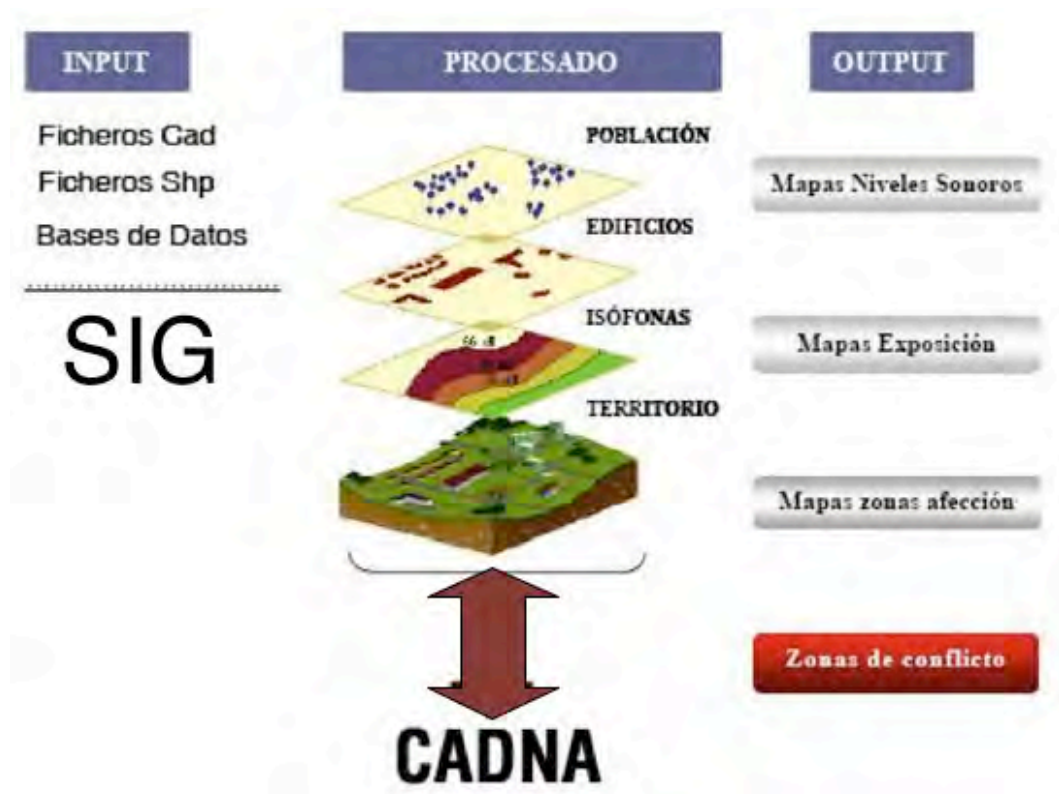
La diferencia clave entre los MER y los MR radica pues en la información añadida que ofrece el MER, su dinamismo en la extracción de resultados y su georreferenciación.

## VII.1 .METODOLOGÍA DE LOS MER Y MR

La realización de los modelos tridimensionales para los futuros cálculos matemáticos de propagación del ruido en ambiente exterior se ha hecho mediante el software de simulación acústica CadnaA, en su versión 3.6 (DATAKUSTIK GMBH). Estos modelos son la base informática para la ejecución de los MER y MR objeto del presente estudio.

### DIFERENCIA DE METODOLOGÍA MER, MR:

La diferencia con respecto a los MR, es que en los mapas estratégicos, el análisis de los datos obtenidos en los MER se realiza mediante un programa informático de tratamiento de la información geográfica, en este caso el ArcView Versión 9.0 (ESRI).



*Ilustración 17 – Metodología de cálculo de los MER.*

## VII.1.A. SOFTWARE DE CÁLCULO PREDICTIVO

Tanto en los MER como en los MR, el programa de simulación utilizado es el Cadna-A V.3.6 (DATAKUSTIK GMBH); constituye un paquete completo de software para el cálculo y presentación de niveles de exposición al ruido ambiental, así como una herramienta válida para el asesoramiento y pronóstico en esta materia. Cadna-A está especialmente optimizado para dar solución a los requerimientos planteados por la Directiva 2002/49 CE, siendo una herramienta adecuada para la elaboración de MR y MER.

Debido a su tipo de programación (C/C++), Cadna-A se comunica de forma óptima con otras aplicaciones tales como procesadores de texto, hojas de cálculo, programas de dibujo profesional (AUTOCAD), sistemas de información geográfica (SIG) y bases de datos. Esta característica permite importar / exportar tanto datos gráficos como bases de datos que facilita enormemente la compatibilidad de integrar toda la información de partida en un solo entorno informático, realizar la elaboración de los mapas y una vez obtenidos los resultados exportar los datos en formatos compatibles con sistemas de información geográfica.

Para la simulación, el programa requiere información sobre las fuentes de tráfico rodado, el terreno en el que se estudia la propagación del sonido, y la localización de los distintos receptores.

Los métodos de cálculo a utilizar para la realización de mapas de ruido son los recomendados en la Directiva 2002/49/CE sobre Evaluación y Gestión de Ruido Ambiental.

## VII.1.B. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) EN LOS MER

### VII.1.B.i. INTRODUCCIÓN A LOS SIG

El término SIG procede del acrónimo de Sistema de Información Geográfica (en inglés GIS, Geographic Information System). Técnicamente se puede definir un SIG como una tecnología de manejo de información geográfica formada por equipos electrónicos (hardware) programados adecuadamente (software) que permiten manejar una serie de datos espaciales (información geográfica) y realizar análisis complejos con éstos siguiendo los criterios impuestos por el equipo científico (personal). La salida de información de un SIG puede ser de tipo textual o de tipo gráfico.

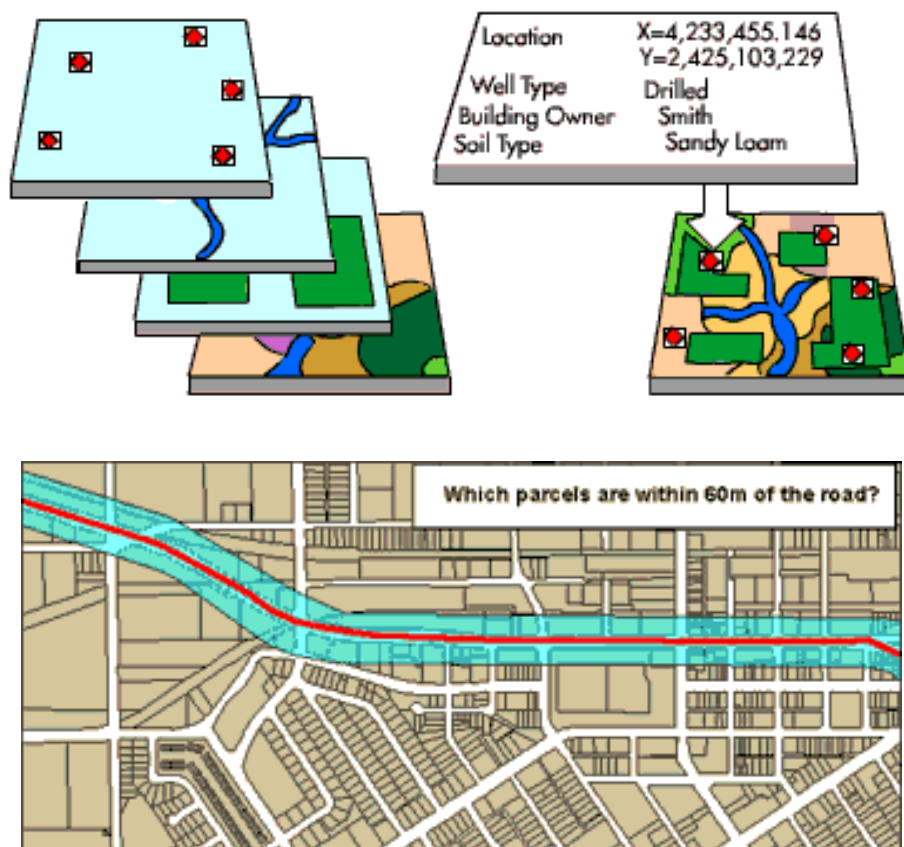
En un SIG se usan herramientas de gran capacidad de procesamiento gráfico y alfanumérico, estas herramientas van dotadas de procedimientos y aplicaciones para captura, almacenamiento, análisis y visualización de la información georreferenciada.



Por tanto, el SIG tiene que trabajar a la vez con la información representada en plano (cartografía) y sus atributos temáticos asociados (bases de datos) asociando ambas y estableciendo relaciones (topología) que es lo que diferencia a un SIG de otros sistemas informáticos de gestión de información.

Los SIG y los CAD tienen mucho en común, dado que ambos manejan los contextos de referencia espacial y topología. Las diferencias consisten en el volumen / diversidad de información y la naturaleza especializada de los métodos de análisis presentes en un SIG. Con un SIG podemos hacer análisis y generar nueva cartografía en función de los resultados conseguidos, además de hacer consultas más completas al poder combinar criterios alfanuméricos y espaciales.

La creciente importancia que se está dando a los SIG en la administración (desde la ONU a los ayuntamientos o gobiernos locales), considerándola vital para la resolución de problemas en multitud de campos, está aumentando el número y la calidad de la información geográfica disponible.



**Ilustración 18 – Sistemas de Información Geográfica- Distribución en capas y ejemplo de aplicación.**

### VII.1.B.i. SIG EN LOS MER

En los MER, los SIG<sup>5</sup> no se utilizan únicamente para la gestión de la información y la obtención de resultados sino también para la implementación de mapas.

Respecto a la georreferenciación de las capas de información, el pliego de prescripciones técnicas indica que: *“El sistema de proyección debe ser UTM, Elipsoide Internacional, Datum ED50 y huso 30”*.

La integración de datos en un sistema de información geográfica SIG exige establecer criterios sobre las características de los datos y su alcance. La Dirección de los MER, atendiendo a la multiplicidad de productos en los que trabajan los diferentes grupos involucrados y con la intención de facilitar la entrega de información considera como válido el formato SHAPEFILE.

El formato SHAPEFILE de firma ESRI, de extensa implantación, utiliza ficheros diferenciados para cada tipo de entidad gráfica (puntos, líneas, polígonos, etc.). En el pliego de prescripciones técnicas se especifica: *“La versión admitida debe satisfacer las exigencias de compatibilidad con el producto ARCVIEW V 9.0 de la misma firma. La estructura y conjunto de atributos que deben integrarse en los SHAPES se detallan posteriormente”*.

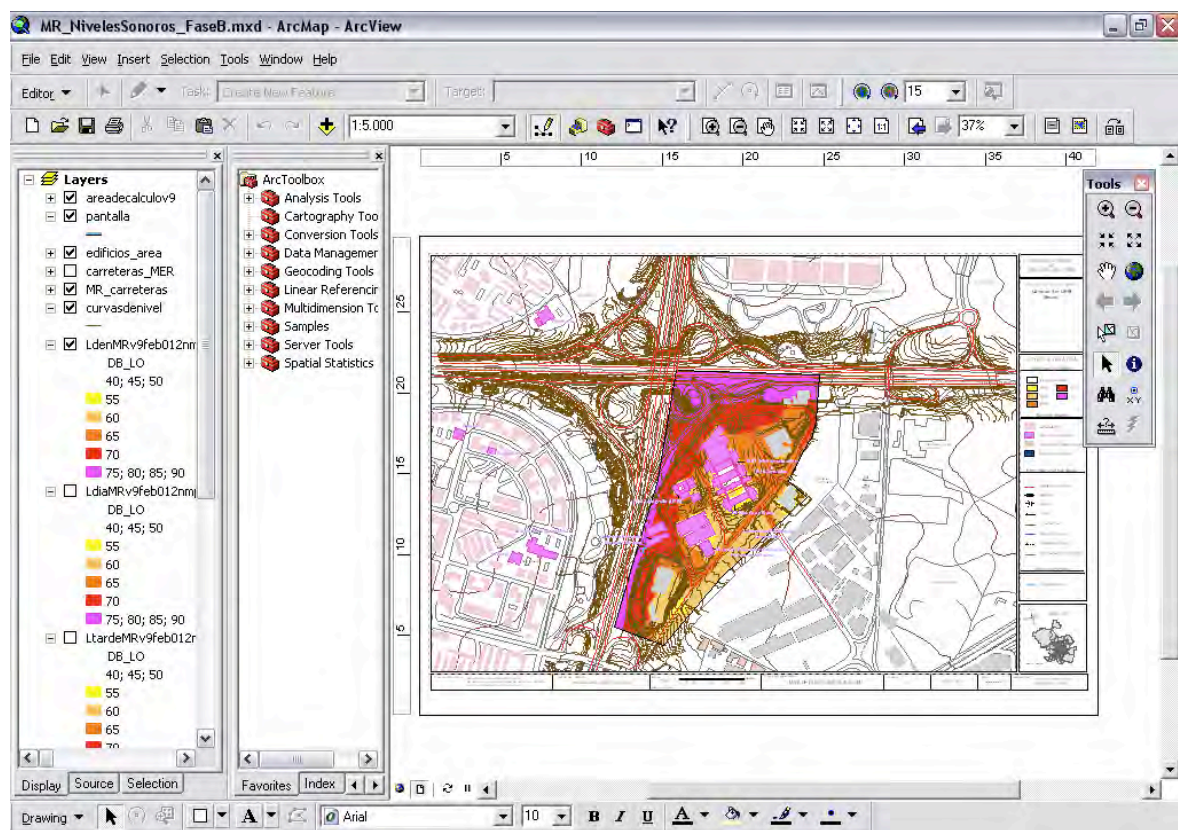
En nuestro caso, el software utilizado es el ArcView versión 9.0 de ESRI con sus componentes ArcCatalog y ArcMap.

Durante la ejecución de los MER, los SIG se utilizan para tareas tales como:

- Cálculos de población por m<sup>2</sup> de superficie residencial.
- Simplificación de los edificios y cálculo de la altura de los mismos.
- Identificación y asignación de usos a los edificios.
- Obtención de las fachadas más expuestas en base a los valores calculados por los receptores de Cadna-A
- Cálculos de población expuesta en fase A respecto al grid y en fase B mediante las fachadas.
- Montaje de los mapas: (asignación de colores, leyendas, minuta, etiquetas... ).

---

<sup>5</sup> Recordatorio: SIG – Sistema de Información Geográfica.



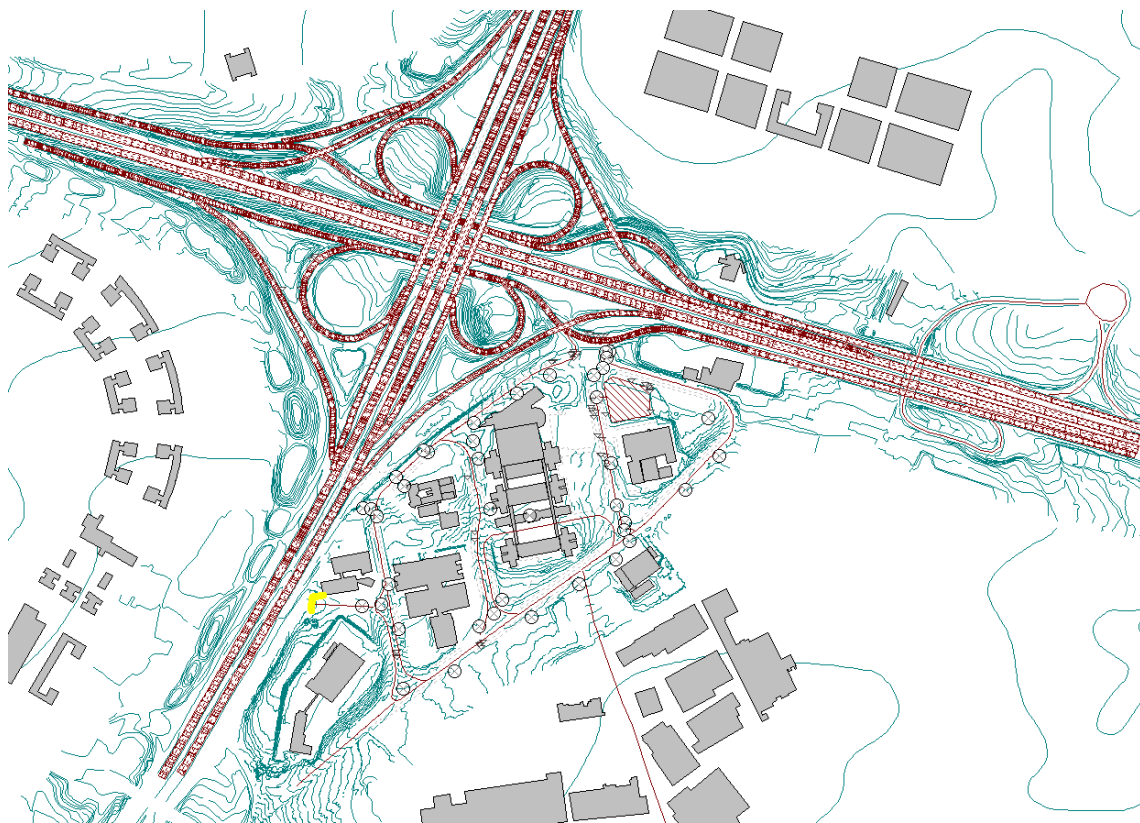
*Ilustración 19 – Ejemplo de generación de un mapa con ArcGIS.*

## VII.2.DATOS BASE PARA LA CREACIÓN DEL MODELO DIGITAL (MER y MR)

Para la creación del modelo digital se toman como datos de partida los cartográficos de la zona, con información relativa a la topografía del terreno, disposición de edificios, identificación del uso de los mismos y trazado de la autovía A-3 y de la carretera M-40.

En todo lo especificado a continuación, se ha tratado el MR con las mismas consideraciones de modelización que el MER a excepción de los viales de los que se ha introducido su aforo para la simulación: Para los MER solo se ha tenido en cuenta la A-3 con sus vías de servicio y enlaces, como dicta su metodología, mientras que para los MR se ha tenido en cuenta además los aforos de los viales internos del Campus Sur y de la carretera M-40.

El modelo de simulación acústica utilizado para los MER y MR en el presente estudio, por tanto, es el mismo, de tal manera que simplemente se activan / desactivan los aforos de ciertas carreteras según el escenario a calcular.



**Ilustración 20 – Vista cenital del modelo digital del terreno del Campus Sur. Cadna-A**

### VII.2.A. TOPOGRAFÍA

Para el estudio de detalle (fase B) del Campus Sur de la U.P.M., el pliego de prescripciones técnicas señala que se debe incluir información de las curvas de nivel cada 5 metros pero si se dispone de mayor precisión o se considera necesario en alguna zona se puede disminuir este intervalo. Para el tramo bajo estudio se disponía de datos de las curvas de nivel cada metro, proporcionados por la ETSI Topografía de la UPM en formato .dxf, por lo que se han utilizado para la creación del modelo digital del terreno (MDT) mediante importación al programa de simulación. Se utiliza el método de triangulación fina para la creación del modelo de terreno y de esta forma considerar su efecto en la propagación del sonido, así como el fenómeno de difracción.

Para la fase A, en caso de haber tenido que realizar un modelo digital de terreno, se debería haber incluido información de las curvas de nivel al menos cada 10 metros (escala 1:25.000).

### VII.2.B. CONDICIONES METEOROLÓGICAS

Al no encontrarse el Campus Sur de la U.P.M. en una zona con características meteorológicas especiales, se parte de las condiciones indicadas en el pliego de prescripciones técnicas:

*“Las condiciones meteorológicas de propagación vendrán definidas de la siguiente forma:*

*Día, 50% de condiciones favorables; Tarde, 75% favorables; Noche 100% favorables.*

*Temperatura 15°C y Humedad Relativa 75 %”.*

### VII.2.C. CONDICIONES DE CÁLCULO

La distancia de propagación es de 2000 metros y se tienen en cuenta reflexiones de orden 2.

Se utiliza una malla de receptores regular con una distancia entre ellos de 5 metros (interpolada posteriormente a 1m) y una altura sobre el terreno de 4 metros.

### VII.2.D. SUELOS

Por norma general, de acuerdo con el pliego de prescripciones técnicas de la primera fase de entrega de los MER, el terreno se considera totalmente absorbente excepto en el caso de zonas densamente pobladas y el agua. Al no ser el caso de nuestra zona de estudio, el suelo se ha considerado como totalmente absorbente,  $G=1$ .

### VII.2.E. TRAZADO DE LOS VIALES

Para la modelización del trazado de la autovía A-3, al no disponer de información relativa a su plataforma, se caracteriza según las cotas del terreno y las curvas de nivel cada metro, teniendo en cuenta el número de vías y su anchura por lo que la precisión obtenida es muy buena y comparable con la propia plataforma de la vía.

En todo el trazado objeto de estudio se trata de firme semirrígido, con rodadura bituminosa de mezcla discontinua.

El modelo de simulación acústica asigna una fuente lineal por cada sentido y tramo de vía, por ello, es muy importante caracterizar dicha fuente mediante su aforo diferenciado en periodos, en este caso, de día, tarde y noche especificados en el punto II.1 del presente documento.



Respecto a los aforos, se introducen los datos medidos en las estaciones de tráfico correspondientes de los distintos tramos de carreteras, en distintas franjas horarias, número de vehículos/hora, velocidades, tipo de vehículo (pesado o ligero) y tipo de tráfico (fluido, discontinuo, etc.).

Es importante recalcar que en los MER se representan topográficamente el resto de viales ya que conforman el modelo digital de terreno del área de estudio, lo único que no se introduce es su aforo.

### **VII.2.F. TRÁFICO**

Para caracterizar las fuentes de ruido de tráfico se utiliza el Método Francés, NMPB-Routes-96 (SETRA-CERTU-LCPC-CSTB), mencionado en el “Arrê té du mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routières, Journal officiel du 10 mai 1995, article 6” y en la norma francesa “XPS 31-133”. Según este método, los valores a introducir para cada fuente de ruido son los siguientes: número de vehículos en cada periodo (día, tarde y noche), porcentaje de vehículos ligeros y pesados para cada uno de los periodos, velocidades límites de ambos tipos de vehículos para cada periodo de evaluación, tipo de firme, ancho y tipo de vía, tipo de tráfico (fluido, pulsado, acelerado, decelerado).

Para la A-3 y M-40 se parte de los datos de tráfico facilitados por la Dirección Gerenal de Carreteras (DGT) correspondientes al año 2006. (Ver punto II.1 del presente informe).

Respecto a los viales internos del Campus Sur, el número de vehículos en cada periodo se ha estimado por conteo en ese mismo año, 2006. (Ver punto II.1 del presente informe).

### **VII.2.G. VIADUCTOS / TÚNELES**

En los tramos donde la vía transcurre en viaducto se modela este para respetar lo más fielmente la realidad, teniendo en cuenta la pendiente del trazado mediante el atributo de Cadna-A “Autoapantallamiento” aplicado al tramo de la fuente sonora (carretera) que discurre por dicho viaducto.

Dicho atributo es obligatorio en la modelización de los viaductos de los MER, sin embargo, la A-3 no presenta ningún viaducto en el área de estudio pero sí lo hace la M-40, por lo que se ha activado este atributo en la realización del MR.

En el área de estudio no se encuentra ningún túnel por lo que no ha sido necesario el cálculo de las superficies reflectoras que caractericen la emisión acústica de las bocas de los túneles de acuerdo a la formulación facilitada por el fabricante del software Cadna-A y avalada por estudios de investigación.



## VII.2.H. EDIFICIOS

Se han obtenido los datos de los edificios pertenecientes al Campus Sur de la UPM a escala 1:1000, proporcionados por la ETSI Topografía de la UPM y verificados mediante las hojas del Centro de Información Geográfica (IGN).

El año de actualización debía ser anterior a la primera fase de la entrega de los MER de la C. Madrid y por tanto ha sido de 2005, fecha de referencia a su vez en gran parte de los datos aportados por los MER de la Comunidad de Madrid (grandes ejes viarios – entrega 2007).

Para un MER con varias UME<sup>6</sup> y una gran longitud de estudio, la escala 1:1000 ofrecería demasiada información y ralentizaría mucho los cálculos. Para el cálculo de la población expuesta en fase B la Dirección del estudio en el Ministerio aconseja la simplificación de edificios a manzanas o bloques. Si solamente se contara con información de detalle de los edificios se podría realizar una simplificación de los mismos en GIS, unificando en un solo bloque los edificios que colindan entre sí, y calculándose la altura global del bloque resultante mediante una ponderación de la altura de cada edificio que lo compone según la superficie que tengan respecto a la total, siendo ésta la contribución que haga su altura al conjunto. En el apartado IX.2 se amplía la información sobre esta simplificación y sus efectos en el resultado.

Las alturas de los edificios fueron asignadas en el programa ArcView, habiéndose comprobado previamente in situ el número de plantas y partiendo de una altura mínima de 4,5 metros, incrementándose en 3 metros por planta adicional, según se establece en el pliego de prescripciones técnicas.

## VII.2.I. FACHADAS

Para los cálculos de evaluación de fachada de edificios, se definen receptores puntuales distribuidos en el exterior cada una de las fachadas (separados de la misma 0,05 m (por el programa Cadna-A) a 4 metros de altura con respecto al suelo y separados entre ellos una longitud mínima de 3 metros y máxima de 10 metros, siempre y cuando la fachada lo permita.

Para el nivel recibido en cada uno de estos receptores se tiene en cuenta el nivel incidente sobre la fachada evaluada y las reflexiones del resto de edificios y obstáculos próximos (excepto de la propia fachada). Las fachadas de los edificios son caracterizadas como totalmente reflectantes (coeficiente de absorción sonora  $\alpha$  Sabine = 0).

---

<sup>6</sup> Recordatorio: UME: Unidad de mapa estratégico.

Debido a que en los MER de cumplimiento de la Directiva no hay que realizar asignación de alumnos en los centros docentes ni de camas, (según lo llama el pliego), en los centros sanitarios, la asignación de alumnos a edificios docentes se ha realiza teniendo en cuenta las herramientas de la guía del grupo de trabajo WG-AEN para las asignaciones de habitantes a fachadas residenciales con los datos de partida referentes a los alumnos matriculados para cada centro docente.

De los datos resultantes, se evalúan en cada fachada los niveles obtenidos y se atribuye el valor máximo de cada fachada a los alumnos asignados previamente a la longitud de dicha fachada.

En los MER de cumplimiento de la Directiva los datos aproximados de alumnos para cada centro docente se pueden visualizar mediante los SIG pero en ningún caso hay que realizar ningún cálculo con ellos. Según el pliego de prescripciones técnicas:

*“Para los cálculos de personas expuestas a cada intervalo de niveles sonoros mostrados en las tablas de los mapas, sólo se tienen en consideración las pertenecientes a uso residencial (en caso de haberlas, no es el caso de nuestro estudio), excluyéndose las procedentes de bloques sanitarios o docentes, aunque sí están presentes en la representación gráfica. Las fachadas representadas incluirían tanto las de bloques residenciales como las de sanitarias y docentes, aunque en los cálculos de personas (en centenas) expuestas a cada rango de niveles y para cada período de evaluación sólo se tienen en cuenta las residenciales”.*

Los datos de población expuesta que se dan en las tablas de los MER de cumplimiento de la Directiva son únicamente de las áreas residenciales.

No ha sido necesaria la recopilación de datos sobre población debido a que en la zona de estudio no se encuentran edificios de tipo residencial.

### VII.3. EDIFICACIONES SENSIBLES

Se ha realizado un estudio de las edificaciones sensibles (sanitario/docente) de la zona de estudio de detalle con el fin de identificar aquellas edificaciones susceptibles de estar afectadas por la A-3 en los MER y por el total de los viales en los MR. Dichas edificaciones son:

EUIITT – Escuela Universitaria de Ingenieros Técnicos de Telecomunicación de la Universidad Politécnica de Madrid (U.P.M.)

EUI – Escuela Universitaria de Informática. (U.P.M.)

ETSITopografía – Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Topografía. (U.P.M.)

IES Palomeras – Instituto de Enseñanza Superior Palomeras / Vallecas.

CPEE Vallecas – Centro Público de Educación Especial Vallecas.

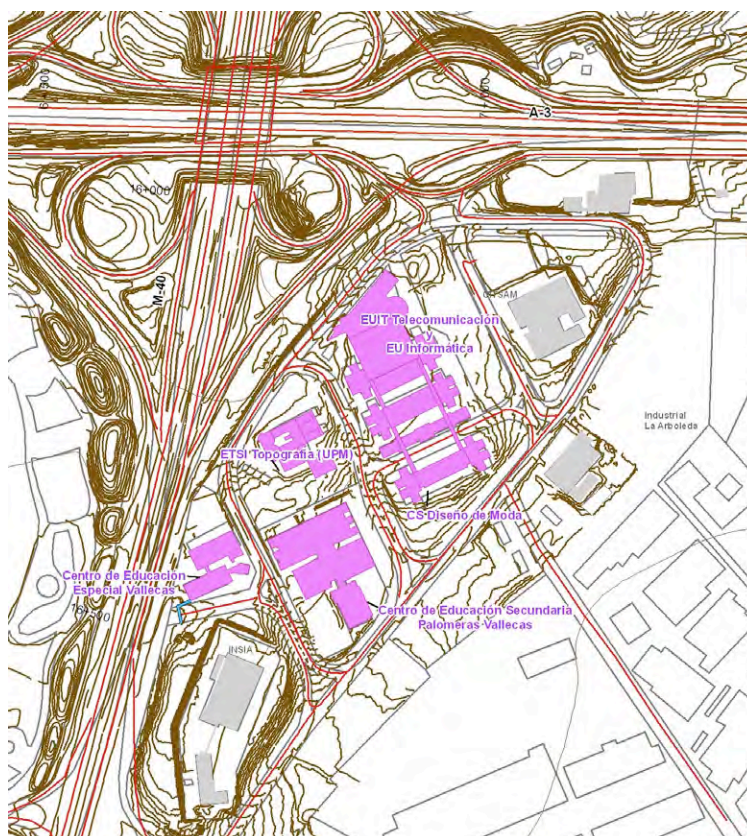
Diseño de Moda – Escuela Superior de Diseño de Moda de la U.P.M.

La información relativa a los alumnos matriculados en cada uno de estos centros se ha obtenido, para el año 2006, a través de la web de Educación de la Comunidad de Madrid, la web particular de cada centro docente sito en el Campus Sur y el Instituto Nacional de Estadística INE.

Estos datos se muestran en la *Tabla 13*:

Centro Docente	Alumnos matriculados 2006
EUITT y EUI	3295
ETSITopografía	751
IES Palomeras	1500
CPEE Vallecas	310
Diseño de Moda	397

**Tabla 13 – Alumnos matriculados en cada centro docente para el año 2006.**



**Ilustración 21 – Localización de edificaciones sensibles.**

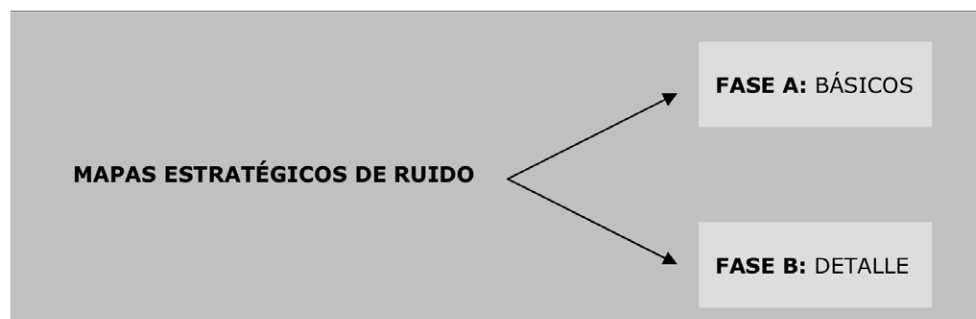
## VIII. MAPAS ESTRATÉGICOS DE RUIDO (MER) GRANDES EJES VIARIOS FASE I: EJEMPLO CAMPUS SUR UPM

### VIII.1. INTRODUCCIÓN

En los MER de grandes ejes viarios y según las prescripciones de entrega de la fase I, la zona de estudio se divide en diferentes unidades de estudio denominadas Unidades de Mapa Estratégico (UME) en función de los diferentes grandes ejes viarios comprendidos en la provincia de estudio, o dentro de un mismo gran eje viario, en función del aforo de los diversos tramos.

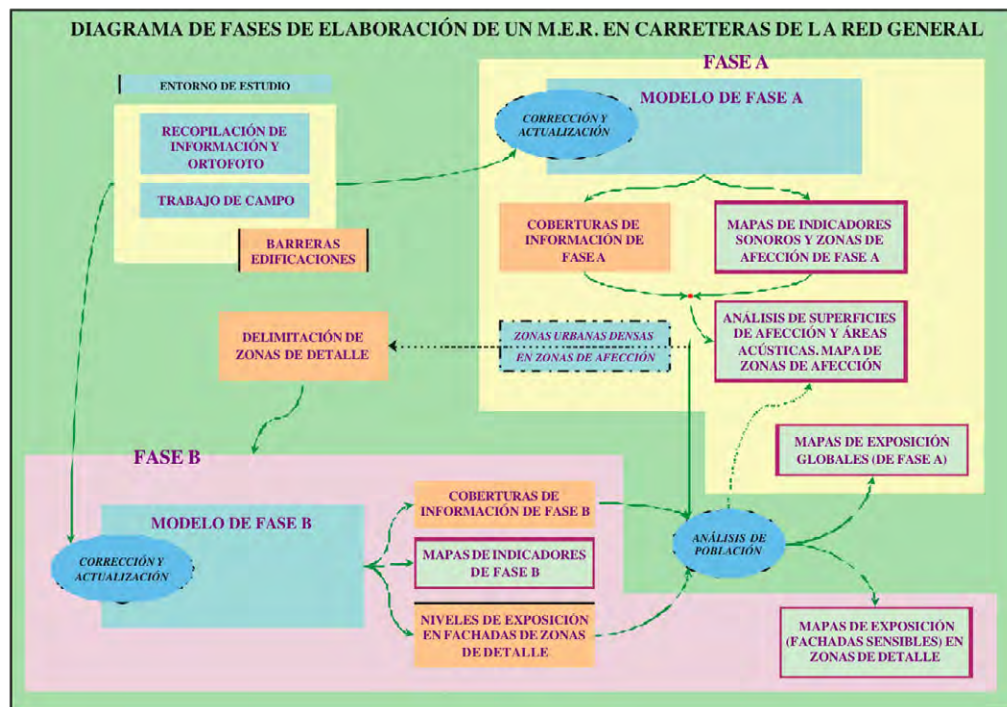
En nuestro caso, el Campus Sur de la U.P.M., se trata de una única UME, la UME A-3 y en un único tramo respecto a los aforos.

La metodología divide la elaboración de los mapas estratégicos de ruido en dos fases:



*Ilustración 22 – Fases de elaboración de los MER según grado de detalle.*

- Fase A: Mapas estratégicos de ruido básicos, elaborados para todas las UMES de la zona de estudio a escala 1:25.000.
- Fase B: Mapas estratégicos de ruido de detalle, a escala 1:5.000 de las zonas de estudio de detalle seleccionadas para cada UME en función de los resultados de la fase A.



**Ilustración 23 – Diagrama de fases en la elaboración de los MER.**

Para la realización de los MER se ha utilizado el programa Cadna-A versión 3.6.

Los trabajos se han completado con la integración de todos los datos del estudio en un Sistema de Información Geográfica (AcrView versión 9.0. con sus componentes ArcCatalog y ArcMap).

### VIII.1.A. DEFINICIÓN DE FACHADAS y ASIGNACIÓN DE ALUMNOS

La definición de las fachadas se realiza a partir de los bloques de cada centro docente en formato dxf. Mediante la combinación de diversas herramientas de CAD y SIG se obtienen tantas fachadas por bloque como vértices tenga este. Para bloques de uso terciario e industrial no se generan fachadas por no ser objeto de estudio.

Es muy importante tener en cuenta que, según el pliego de prescripciones técnicas:

*“Para los cálculos de personas expuestas a cada intervalo de niveles sonoros mostrados en las tablas de los mapas, solo se tienen en consideración las pertenecientes a uso residencial, excluyéndose las procedentes de bloques sanitarios o docentes, aunque sí están presentes en la representación gráfica.”*

*“Las fachadas representadas incluirían tanto las de bloques residenciales como las de sanitarias y docentes, aunque en los cálculos de personas (en centenas) expuestas a cada rango de niveles y para cada período de evaluación sólo se tienen en cuenta las residenciales”.*

La asignación de los alumnos a las fachadas, como se ha comentado en el punto VII.2.1 del presente informe, no hay que realizarla para los MER de cumplimiento de la Directiva. En esta caso se ha realizado para poder obtener posteriormente una comparativa de los resultados que hay que entregar según el pliego de prescripciones técnicas y cuáles, en mi opinión, serían más lógicos en los estudios de detalle (fase B).

Se calcula, mediante las herramientas SIG, el perímetro de cada conjunto de bloques que constituyen cada centro docente y a esa longitud se le asigna el 100% de sus alumnos matriculados.

Cada fachada representa un porcentaje del perímetro total del centro docente y, por tanto, los alumnos que le correspondan a cada fachada también serán ese mismo porcentaje del total de alumnos del centro docente.

Así, cada fachada obtendrá un número de alumnos asignado de manera proporcional a su longitud en relación con el perímetro del centro docente en cuestión. A mayor longitud de la fachada, mayor peso en la distribución.

A su vez, también con herramientas SIG, se le asigna a cada fachada el valor máximo de los receptores evaluados en dicha fachada para cada periodo de evaluación. Como cada una de estas fachadas tiene asociado un dato de número de alumnos, se consigue así extraer un número de alumnos expuestos a cada uno de los valores indicados por los receptores, en rangos de 5 dB(A).

## VIII.2. OBTENCIÓN DE LOS MAPAS

Para cada UME, en nuestro caso una única, se generan los siguientes mapas estratégicos:

- Mapas de Niveles Sonoros: (mapas de líneas isófonas realizados a partir del cálculo de niveles sonoros en puntos receptores que abarcan toda la zona de estudio).

En ellos se representan las curvas isófonas de 55-60 dB(A), 60-65 dB(A), 65-70, 70-75 dB(A) y más de 75 dB(A) para los índices de ruido  $L_{den}$ ,  $L_{día}$  y  $L_{tarde}$ , y 50-55 dB(A), 55-60 dB(A), 60-65 dB(A), 65-70 dB(A) y más de 70 dB(A) para  $L_{noche}$ .

Dentro dichos mapas se encuentran:



- Mapas de niveles sonoros básicos, para todo el área de estudio de la UME, representado a escala 1:25.000.
  - Mapa de niveles sonoros de detalle, para las áreas seleccionadas para un estudio de detalle, representado a escala 1/5.000.
- Mapas de Exposición: Muestran los valores de exposición en las fachadas de los edificios y el número de personas/ alumnos afectadas en centenas, calculados a una altura de 4 metros. Dentro de ellos se encuentran:
    - Mapas de exposición básicos, para todo el área de estudio de la UME, representado a escala 1:25.000.
    - Mapa de exposición de detalle, para las áreas seleccionadas para un estudio de detalle, representado a escala 1/5.000.
  - Mapas de Afección: Mapas con los datos de superficies totales en km<sup>2</sup> expuestas a valores de Lden superiores a 55, 65, y 75 dB, respectivamente. Se indica además el número total estimado de viviendas (en centenares) y el número total estimado de personas (en centenares) que viven en cada una de esas zonas). La representación se realiza a escala 1/25.000.
  - Mapa de Delimitación de zonas de detalle: Mapa con la delimitación de las zonas que serán estudiadas en la fase B. La escala de representación de dicho mapa es libre.

## VIII.2.A. REPRESENTACIÓN DE ELEMENTOS Y FORMATOS

En el pliego de prescripciones técnicas se especifica cómo debe ser el aspecto de los planos de manera obligatoria:

*“En la leyenda temática de los mapas de niveles sonoros y mapas de afección se debe adecuar la escala de dB al índice analizado: Lden, Ldia y Ltarde tienen la misma escala (55 a >75 dB) y Lnoche (50 a >70 dB).”*

*“Se incluirán etiquetas de texto con el nombre de las carreteras, tanto de la carretera que constituye la UME representada como de las principales carreteras del ámbito de estudio. Se señalarán y etiquetarán los puntos kilométricos, los términos municipales y las principales poblaciones de manera que sea fácilmente identificable la ubicación territorial de las zonas representadas.”*

En base a estas especificaciones cabría pensar que son bastante generales, sin embargo, el grado de detalle con el que se define la realización de los mapas pasa por indicar los colores exactos para representar los edificios según su uso, el color y grosor de la línea exterior de los mismos o los coloreos RGB para las áreas de ruido (que no son los especificados en la ISO 1996).

Los colores para la representación gráfica de los edificios se detallan en la **Ilustración 24**:

Uso del edificio	Color de línea	Grosor de línea	Color de relleno	Color		
				R	G	B
Residencial	Negro	0.5	Rosa	250	215	215
Sanitario/Docente	Negro	0.5	Malva	225	115	255
Industrial o comercial	Negro	0.5	Gris	212	212	212

**Ilustración 24 – Colores asignados en el pliego a los edificios según su uso.**

“La representación gráfica de los niveles será mediante isófonas diferenciando los siguientes intervalos. A cada uno de los intervalos de niveles sonoros exigidos por la Directiva se le asignará un color de acuerdo con las siguientes estipulaciones:

### Lden, Ldía, Ltarde

Rango	Descripción	R	G	B
> 75	Rosa fuerte	255	0	255
70-75	Rojo	255	2	2
65-70	Naranja	255	128	2
60-65	Ocre	255	205	105
55-60	Amarillo	255	255	2
< 55	blanco			



**Ilustración 25 – Asignación de colores en la representación gráfica de los MER para Lden, Ldía, Ltarde.**

## Lnoche

Rango	Descripción	R	G	B
>70	Rojo	255	2	2
65-70	Naranja	255	128	2
60-65	Ocre	255	205	105
55-60	Amarillo	255	255	2
50-55	Verde	100	200	0
< 50	blanco			



**Ilustración 26 – Asignación de colores en la representación gráfica de los MER para Lnoche.**

Mapas de afección:

Rango (dBA)	Descripción	R	G	B
>75	Azul claro	134	255	255
> 65				
>55				

**Ilustración 27 – Asignación de colores en la representación gráfica de los mapas de afección.**

En el pliego de detalla también la simbología para los elementos cartográficos a representar o el tipo de letra, tamaño y orientación de las etiquetas de los mapas.

### VIII.2.B. FASE A, ESTUDIO BÁSICO 1:25.000

La Fase A tiene como objeto la elaboración de Mapas Estratégicos de Ruido Básicos, a escala 1/25.000. La caracterización de las fuentes de ruido de tráfico se realiza utilizando el método provisional definido para dicha entrega por la Directiva, que es el Método Francés: NMPB-Routes-96 mencionado en el "Arrêté du mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routières, Journal officiel du 10 mai 1995, article 6" y en la norma francesa "XPS 31-133".

Se debe configurar un malla (altura 4m) de espacio entre receptores suficiente para caracterizar adecuadamente las zonas de estudio.

Los mapas de niveles sonoros  $L_{den}$  y  $L_{noche}$  de la fase A, así como el mapa de afección, son de información pública y se presenta en este estudio en el Anexo I, la hoja que incluye el Campus Sur entre sus puntos kilométricos (P.K.) de inicio y fin.

Los mapas de exposición (fase A)  $L_{den}$  y  $L_{noche}$ , (contenidos en el Anexo I) se han elaborado mediante herramientas GIS teniendo en cuenta estos datos de información pública.

La información de partida de estos mapas se ha utilizado para verificar que los resultados obtenidos en nuestra zona de estudio son coherentes y por lo tanto todo el argumento posterior para la inclusión o no del Campus Sur como una zona de estudio de detalle está fundamentada en dichas bases.

### VIII.2.C. ELECCIÓN DE ZONAS DE ESTUDIO DE DETALLE (ZED)

Como resultado de los mapas de niveles sonoros básicos se seleccionan para cada UME, en base a los criterios del consultor acústico, las zonas que necesitarían un estudio más en detalle (escala 1:5.000).

Estas áreas se localizan en un mapa de delimitación de las zonas de detalle (ZED) para cada UME, dicho mapa no es de información pública. Las zonas elegidas para un estudio de detalle se conocen mediante un listado en la memoria resumen del MER en cuestión.

#### VIII.2.D. FASE B, ESTUDIO DE DETALLE 1:5.000

Una vez conocidos los resultados de los mapas sonoros de la fase A y seleccionadas las áreas que serán analizadas más en detalle con la metodología de la fase B, se procede a la elaboración de los Mapas Estratégicos de Ruido Detallados a escala 1/5.000.

Los mapas de fase B se realizan a partir de los datos utilizados para la elaboración de los mapas básicos (fase A). Sin embargo, existe diferencia en cuanto a la información topográfica del modelo digital del terreno, ya que el terreno se caracteriza con curvas cada 5 metros y se permite (de hecho se recomienda) una simplificación de los edificios para estos cálculos (ver punto IX.2).

En esta fase se realiza un cálculo en fachada de los edificios residenciales / sanitarios / docentes presentes en la zona.

Los mapas generados son:

- Mapas de niveles sonoros para los índices  $L_{den}$ ,  $L_{noche}$ ,  $L_{día}$  y  $L_{tarde}$ .
- Mapas de exposición para los índices  $L_{den}$ ,  $L_{noche}$ ,  $L_{día}$  y  $L_{tarde}$ .

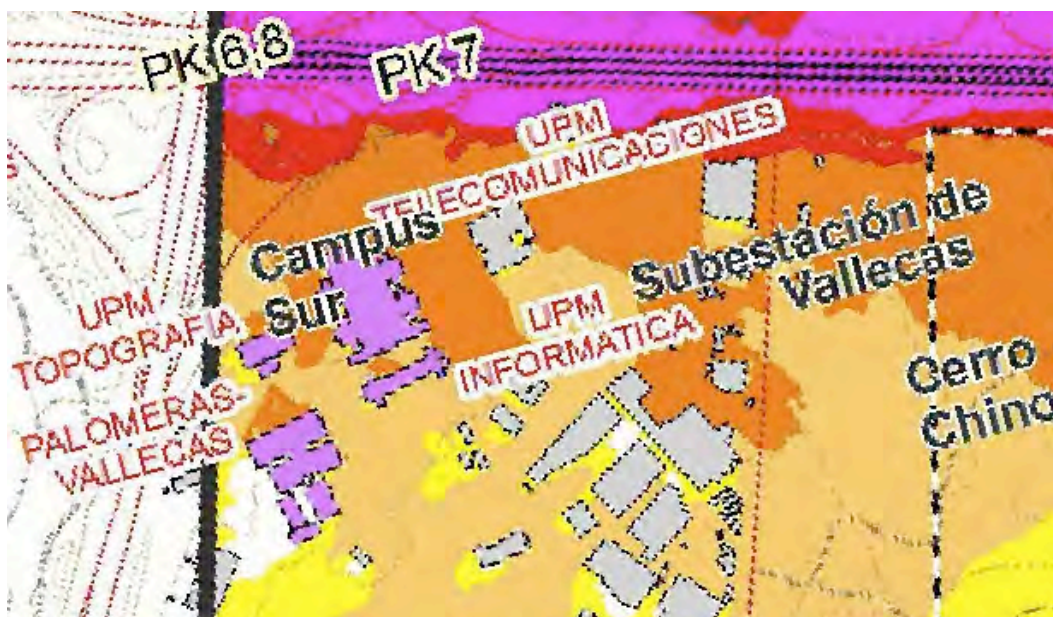
### VIII.3. RESULTADOS OBTENIDOS (MER)

Recordemos, según lo especificado en el punto VII del presente informe que, según la Directiva: *“Los Estados miembros aplicarán los indicadores de ruido  $L_{den}$  y  $L_{noche}$  en la preparación y la revisión de los mapas estratégicos de ruido.”*

Por ello, el análisis de resultados siempre se realiza en función de estos evaluadores aunque en España se hayan incluido también los evaluadores  $L_{día}$  y  $L_{tarde}$  de acuerdo a la Ley del Ruido.

Recordamos los valores objetivo marcados para  $L_{den} \rightarrow 55 \text{ dBA}$  en los edificios docentes (Ver punto III.5 del presente informe). En nuestro caso, no tiene mucho sentido hablar de los resultados de  $L_{noche}$  ya que, al tratarse de una zona docente, no se desarrolla actividad en este periodo de evaluación y no resultan de gran interés los valores del grid o de fachada en este periodo. No obstante, de acuerdo con la Directiva, dichos mapas se muestran en el Anexo I para la fase A y en el Anexo II para la fase B.

En el mapa de niveles sonoros  $L_{den}$  de la fase A (de información pública) incluido en el Anexo I y en la **Ilustración 28**, podemos observar que los edificios docentes del Campus Sur de la U.P.M. se encuentran en los rangos de exposición de 65-70 dBA (naranja oscuro en el mapa) y 60-65 dBA (naranja claro).



*Ilustración 28 – Detalle de los niveles  $L_{den}$  (fase A) en el Campus Sur de la U.P.M. El mapa completo se muestra en el Anexo I.*

Por lo tanto, los edificios del Campus Sur según este estudio básico (y recordemos que teniendo en cuenta solo la A-3 como fuente de ruido) estarían incumpliendo estos objetivos de calidad marcados y sería recomendable proponerlos para un estudio de detalle (fase B) debido a que es un área dedicada casi exclusivamente a la docencia.

Veamos cuáles son los criterios de elección de zonas de estudio de detalle marcados por el consultor acústico encargado de la realización de los MER de grandes ejes viarios de la Comunidad de Madrid (2007) donde se engloba nuestro caso de ejemplo “A-3 en la zona del Campus Sur de la UPM”:

*“La selección de las zonas de detalle se ha realizado bajo los siguientes criterios generales:*

*Áreas de uso residencial y carácter fundamentalmente urbano (puesto que es en estas zonas donde se concentra el mayor número de viviendas), con distancias entre edificaciones inferiores a 30 metros, elevada población residencial, y sometidos a un nivel  $L_{den} > 55 \text{ dB(A)}$ .*

*Así mismo se ha considerado para la selección de las zonas de estudio de detalle, la **presencia de edificios sensibles** (centros docentes y hospitalarios). En todo caso, los contornos definidos cumpliendo todos estos condicionantes se extienden hasta abarcar el eje de la carretera de la cual procede el ruido (fuente de ruido).”*



En vista de los resultados de la fase A, en mi opinión, esta zona debería haberse incluido en un estudio de detalle y por ello se ha realizado el estudio en fase B en el presente proyecto. El mapa de delimitación de la ZED se muestra en el Anexo I.

<sup>7</sup> Recordatorio: ZED – Zona de Estudio de Detalle.

Incluso si atendemos a los valores objetivo (ver punto III.5) para el indicador no exigido por la Directiva en las entregas de los MER,  $L_{día}$  60 dB(A), dichos edificios docentes estarían incumpliendo según se muestra en la **Ilustración 30**:



**Ilustración 30 – Detalle de los niveles sonoros  $L_{día}$  (fase B).**

Al ampliar dicha información con el cálculo de los valores en fachada para la realización de los mapas de exposición fase B (Anexo II) obtenemos los mostrados en la **Ilustración 31**:

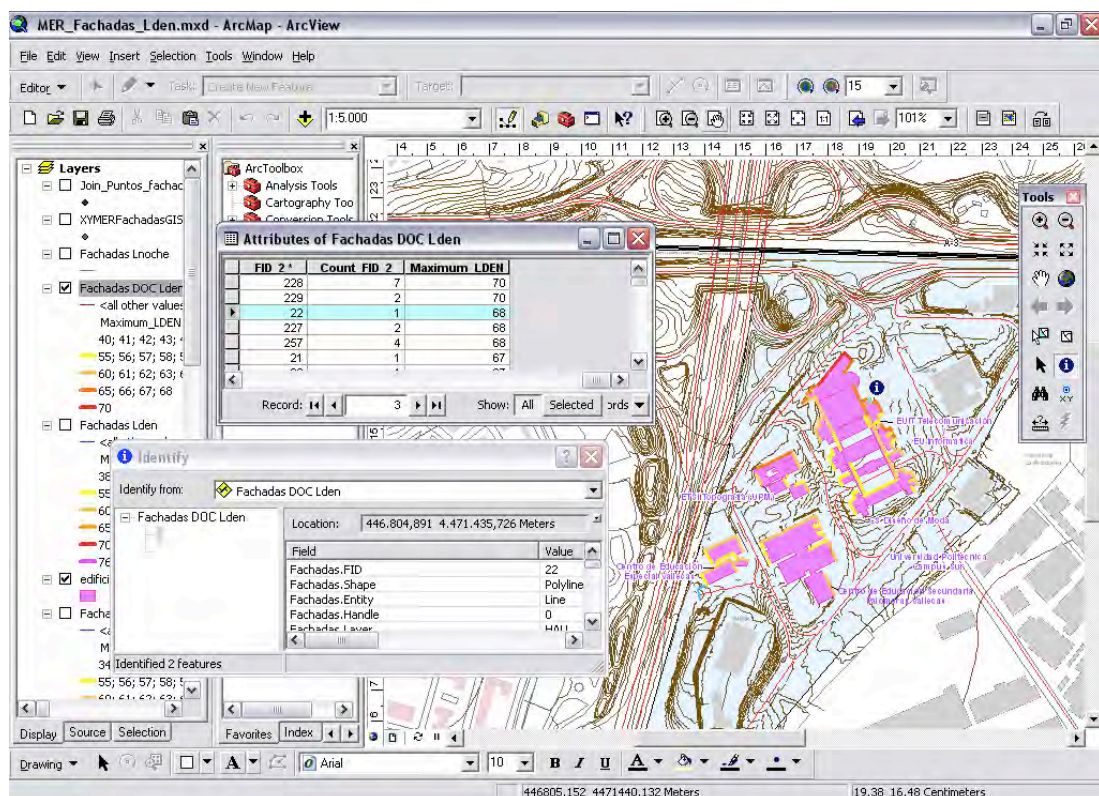


**Ilustración 31 – Niveles en fachada  $L_{den}$  (fase B).**



Se observa que la fachada más expuesta, con un  $L_{den}$  de 70 dB(A) corresponde a la cafetería de la EUITT.

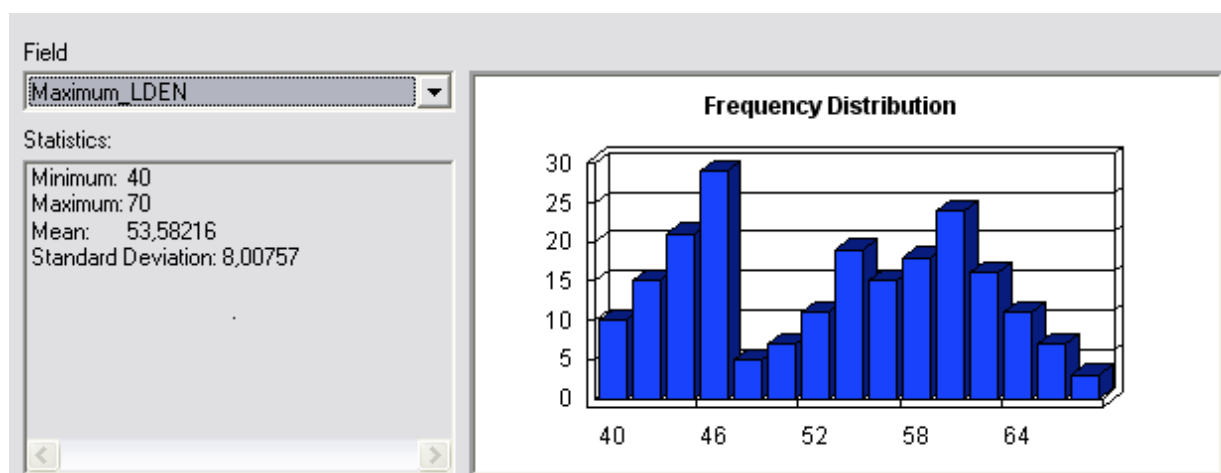
En la realización de un MER, la cafetería queda englobada en la localización geográfica del edificio docente, no diferenciándose que en ese espacio no se desarrollan actividades docentes. En este caso sabemos que esa fachada corresponde a la cafetería, por lo que obviando dicho espacio de la EUITT, la fachada más expuesta se muestra en la **Ilustración 32** y corresponde a la Escuela Universitaria de Informática:



**Ilustración 32 – Fachada más expuesta  $L_{den}$  (fase B).**

La totalidad de los centros docentes presentados en el punto VII.3 del presente informe incumplen el nivel objetivo marcado de  $L_{den}$  de 55 dB(A) para al menos una de sus fachadas.

La distribución de los niveles en fachada muestra en la **Ilustración 33** que, aproximadamente la mitad de las fachadas de los edificios docentes presentes en el Campus Sur, se encuentran por encima de  $L_{den}$  de 55 dB(A).



**Ilustración 33 – Distribución del nivel en fachada Lden (fase B).**

Una cuestión a destacar de los MER fase B es (Anexo II) es que las tablas de población expuesta que llevan asociados los mapas de exposición no incluyen datos de alumnos al no ser edificios residenciales. De esta manera estamos viendo los edificios expuestos a valores por encima de los objetivo y sin embargo en la tabla de personas afectadas aparecen 0 centenas para cada rango e indicador.

El único mapa en el que se hace referencia a los edificios docentes expuestos, que no a sus alumnos expuestos, es el mapa de afección (fase A) que se presenta en el Anexo I.

En la tabla asociada a dicho mapa aparecen el número de centros docentes, de toda la UME, expuestos a niveles de ruido por encima de Lden 55, 65 y 75 dB(A); de manera que los del rango superior quedarían incluidos en los rangos inferiores.

Superficie afectada por los valores de LDEN		
dB(A)	Superficie (km²)	
>55	70,2	
>65	19,47	
>75	5,01	
Población expuesta a los valores de LDEN		
dB(A)	Viviendas (centenas)	Nº personas (centenas)
>55	98	185
>65	22	42
>75	1	1
Hospitales y colegios expuestos a los valores de LDEN		
dB(A)	Hospitales (unidades)	Colegios (unidades)
>55	2	21
>65	1	9
>75	0	2

**Tabla 14 – Tabla de los mapas de afección fase A.**

Los datos de población expuesta son los de la UME completa y únicamente se refieren a edificios residenciales. Podría ser interesante, por ejemplo, la inclusión de una sencilla tabla con el número de colegios expuestos en los mapas de afección de la fase B.

Si se hubiera tratado en los MER de detalle (fase B) a los alumnos respecto de sus edificios docentes de la misma manera que los habitantes en los edificios residenciales (ver asignación realizada en el punto VII.2.I), las tablas que figuraría en los mapas de exposición serían bien distintas a las 0 centenas que aparecen en cada mapa de exposición fase B de cumplimiento con la Directiva siguiendo el pliego de prescripciones técnicas (ver **Tabla 15** y **Tabla 16**):

ZONA DE DETALLE 1 (ZED1) Campus Sur UPM	
Lden (dB)	Población expuesta (centenas)
55-60	12,4
60-65	11,9
65-70	4,9
70-75	1,6
>75	0

**Tabla 15 – Alumnos expuestos ( $L_{den}$ ).**

ZONA DE DETALLE 1 (ZED1) Campus Sur UPM	
Ldía (dB)	Población expuesta (centenas)
55-60	12,5
60-65	4,5
65-70	1,6
70-75	0
>75	0

**Tabla 16 – Alumnos expuestos ( $L_{día}$ ).**

Estamos hablando de que, si sumamos los rangos por encima de los valores objetivo, el número de alumnos expuestos a niveles  $L_{den}$  superiores a 55dB(A) sería de 30,8 centenas (3080 alumnos) y 6,1 centenas (610 personas) expuestos a niveles  $L_{día}$  superiores a 60dB(A).

Se justifica, por tanto, que esta zona debería haber quedado incluida en un estudio de detalle para la propuesta de medidas correctoras en la zona.

### VIII.3.A. COMPARACIÓN DE RESULTADOS RESPECTO A UN MR

Como se ha comentado anteriormente en el punto VII del presente informe, la diferencia fundamental entre los MER y los MR es que estos últimos no llevan información asociada referente, por ejemplo, a la población; al no interactuar con SIG no permiten una obtención de resultados de manera dinámica.

La metodología y configuración de cálculo es exactamente la misma que la empleada para los MER del presente estudio.

La única diferencia respecto al modelo de cálculo con los MER es la activación, además de la A-3, del aforo de las vías internas del Campus Sur así como de la M-40 y de los enlaces entre M-40 / A-3. (Ver aforos en punto II.1). Es decir, se calcula la aportación de todas las fuentes de ruido de tráfico rodado presentes en la zona de estudio de manera conjunta.

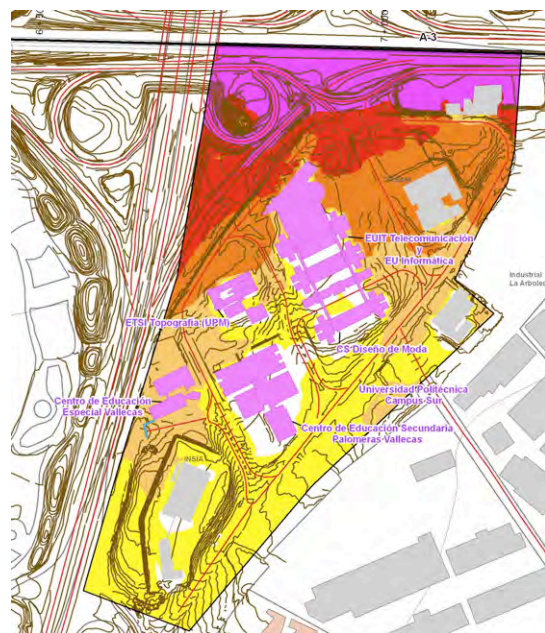
Se ha realizado una campaña de medidas previa para validar el modelo de simulación acústica (ver punto VI).

En el Anexo III del presente informe se incluyen todos los MR generados como si hubieran sido elaborados para el cumplimiento de la Directiva al igual que los MER de fase B presentados en el Anexo II. Por ello, de nuevo el indicador  $L_{den}$  será el principal a tener en cuenta.

En la **Ilustración 34** e **Ilustración 36** se puede apreciar que, como era de esperar, el mayor aumento de exposición debido a la inclusión principalmente de la M-40 y de manera menos influyente del resto de viales internos del Campus se da en el CPEE Vallecas, ETSI Topografía, IES, EUITT y en menor medida en EUI y Diseño de Moda.



**Ilustración 34 – MR Campus Sur ( $L_{den}$ ).**



**Ilustración 35 – MER Campus Sur ( $L_{den}$ ).**





**Ilustración 36 – Diferencia MR - MER Campus Sur (Lden).**

En la **Ilustración 36** se presenta la diferencia de niveles entre el MR y un MER para Lden. El color verde representa una diferencia de hasta 2 dB(A), el amarillo entre 2 y 4 dB(A), el naranja claro entre 4 y 6 dB(A), el naranja oscuro entre 6 y 8 dB(A), rojo entre 8 y 10 dB(A), el morado más de 10 dB(A).

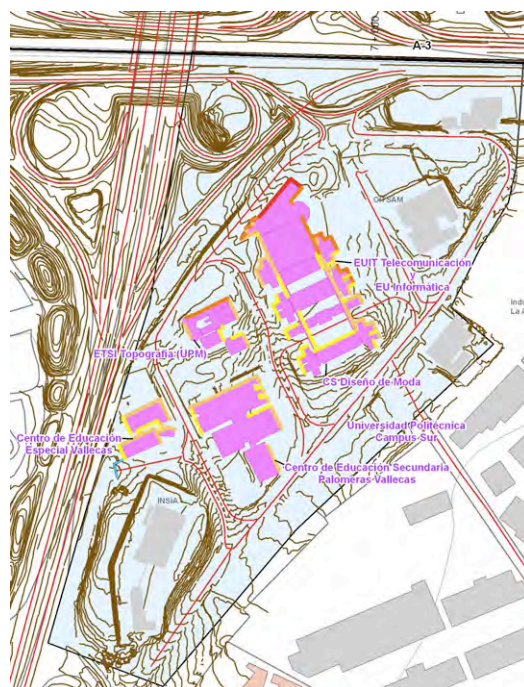
Respecto a niveles en fachada: El CPEE, que es un centro de educación especial, el que está expuesto a mayores valores, se encuentra totalmente incluido en las áreas de niveles sonoros de Lden 70-75dB(A) y >75dB(A) con niveles en fachada Lden 70-75dB(A) mientras que según los MER de grandes ejes viarios se localizaba en el área de niveles sonoros y valores en fachada de Lden 60-65dB(A). (Ver **Ilustración 37**).

**REALIZACIÓN DE MAPA ESTRATÉGICO DE RUIDO DE LAS CARRETERAS DE LA RED DEL ESTADO  
(A-3 - ZONA CAMPUS SUR DE LA U.P.M.)**

**Inmaculada Lorente González**



**Ilustración 37 – Fachadas Campus Sur ( $L_{den}$ ).**



**Ilustración 38 – Fachadas Campus Sur ( $L_{den}$ ).**

En un MR de no hay información asociada por lo que no se podrían extraer el número de alumnos expuestos a cada rango de niveles de ruido. Únicamente se puede mostrar en las tablas la información que se puede extraer a simple vista como el número de centros docentes expuestos a los diferentes rangos:

	nº hospitales expuestos	nº colegios expuestos
$L_{den}$ (dB)	Valor en la fachada más expuesta	
55-60	0	0
60-65	0	1
65-70	0	2
70-75	0	0
>75	0	2

**Tabla 17 – Numero de colegios expuestos –  $L_{den}$  -MR.**

Abbsolutamente todos los centros docentes presentes en el Campus Sur incumplen el valor objetivo  $L_{den}$  de 55dB(A).

#### VIII.4. PROPUESTA MEDIDAS CORRECTORAS

A partir de los datos y cálculos elaborados se realiza un análisis cualitativo pero no cuantitativo, proponiendo actuaciones para disminuir la contaminación acústica en las zonas definidas como prioritarias por su afección al ruido originado por el tráfico de las vías analizadas. El estudio detallado de las medidas correctoras para solucionar el problema de ruido de cada zona de actuación se realiza en un estudio posterior denominado “Plan de Acción” que se entrega a la Dirección del Ministerio de Fomento el año posterior a la entrega de los MER de esa zona. La empresa adjudicataria de los “Planes de Acción” puede ser diferente a la que llevó a cabo los MER; de hecho, es frecuente que ocurra esto.

Por tanto, para nuestro caso concreto del Campus Sur de la U.P.M. estas medidas correctoras de manera cualitativa serían:

Se recomienda la instalación de una pantalla acústica que atenúe los niveles  $L_{den}$  a los que están expuestos los alumnos de los centros docentes presentes en dicha zona.

Prioridad de actuación media – alta ya que entre todos los centros docentes del Campus Sur de la U.P.M. el que está más expuesto es además un Centro de Educación Especial para niños.



## IX. CRITERIOS DEL CONSULTOR EN LA EJECUCIÓN DE LOS MER – CONTROL DE CALIDAD

La Dirección General de Carreteras – Ministerio de Fomento es la encargada de establecer un control de calidad durante el desarrollo de cada proyecto, analizando la ejecución del estudio con cada equipo responsable con la intención de orientar sobre las diferentes interpretaciones de la metodología definida en el pliego de prescripciones técnicas y homogeneizar resultados y así lograr que el conjunto de MER tenga coherencia y lógica.

Sin embargo, son varios los métodos para caracterizar adecuadamente una determinada situación acústica, así como para extraer resultados de las mismas y ni el pliego de prescripciones técnicas ni la Dirección General de Carreteras mencionan en esta primera fase de entregas una única manera de proceder para en cada una de las situaciones que el consultor acústico va encontrando durante la elaboración de los MER, por lo que este intento de homogeneización se ha quedado en un simple control de calidad y revisión de las soluciones propuestas por el consultor acústico en el uso de las diferentes herramientas de cálculo y análisis.

El control de calidad realizado desde el Ministerio no suplente al control de calidad interno de cada empresa adjudicataria y a la responsabilidad del experto en la validación de los resultados. Una herramienta de simulación debe ser cotejada y validada por un consultor experto en cada una de sus actuaciones, por lo que está en la mano del consultor elegir una u otra opción, valorando siempre el resto de factores condicionantes en el desarrollo del proyecto y teniendo en cuenta las prescripciones del Ministerio de Fomento para la fase I de entrega de los grandes ejes viarios.

Los valores resultantes obtenidos del cálculo del MER y su precisión dependen de forma directa de los criterios que debe ir tomando el consultor acústico durante las distintas fases del trabajo.

En este apartado se describen algunas de las situaciones importantes en las que el consultor debe valorar diferentes maneras de proceder durante las distintas fases del proyecto, como son por ejemplo el tratamiento de los datos de partida, el modelo digital, el tratamiento de las carreteras como fuentes de ruido, la metodología de análisis de resultados de la población expuesta y la definición de zonas de detalle.

## IX.1. DATOS DE ENTRADA

### IX.1.A. Caracterización de la zona de estudio

La caracterización adecuada de la zona bajo estudio conlleva la laboriosa tarea previa de recopilación de información, que permita la obtención de un modelo fiable.

Es importante no limitarse únicamente a los datos recogidos de diversas fuentes, sino realizar un exhaustivo trabajo de campo que amplíe y/o corrija la información relativa a la modelización previamente obtenida: cartografía, ancho de la plataforma en sus distintos tramos, sobreanchos en enlaces, barreras naturales y artificiales, etc.

La realización de una campaña de medidas acústicas que puedan validar el modelo y los datos de entrada es uno de los criterios que se presentan de manera opcional, a criterio del consultor acústico en el caso de que lo crea conveniente /necesario.

Los ajustados plazos de entrega y los tramos de estudio de un gran número de kilómetros conllevan que en la mayoría de las ocasiones no se realicen dichas medidas y se valide el modelo únicamente en lo que a topografía se refiere mediante visita a campo.

### IX.1.B. Usos de los edificios

Respecto a los datos de entrada relativos a los edificios, una de las primeras decisiones a la que debe enfrentarse el consultor son los criterios a aplicar en la unificación de todos los usos de los edificios con los que se cuenta inicialmente, de manera que queden reducidos a los especificados en el pliego.

La complejidad de esta labor versa en la coexistencia en un mismo edificio de varios usos.

No existe un criterio fijo a tomar al respecto sino que será decisión del consultor acústico diferenciar los usos mayoritarios y establecer los que se tomarán como prioritarios.

Es decir, por ejemplo, para un bloque de 4 plantas residenciales más una escuela infantil en su planta baja (uso docente), será decisión del consultor el identificar ese edificio completo como de tipo residencial al tener más plantas destinadas a dicho uso o bien considerarlo de tipo docente por ser el uso más restrictivo y por lo tanto, prioritario.

Si elegimos la primera opción no le estamos prestando la atención debida a la situación de ruido real de una escuela, y, por lo tanto, no tendremos datos fiables de si se están registrando los niveles en fachada de acuerdo a la normativa o no cuando además los cálculos se realizan a 4m, es decir, a nivel de la planta calle (llamada también EG).

Si elegimos la segunda opción, la escuela se caracteriza adecuadamente pero tal vez los resultados nos lleven a proponer medidas correctoras que en realidad no harían falta, sobre el resto de las plantas del edificio que realmente no son de uso docente pero se han tratado como tal.

Este hecho no tendría mucha repercusión en los resultados finales del estudio si se tratase de un hecho aislado, pero decisiones de este tipo deben tomarse continuamente en la realización de un mapa estratégico de ruido, por lo que la deriva final de los cálculos puede llegar a ser muy grande.

### **IX.1.C. Asignación de población**

Conviene prestar especial atención a la asignación de población a edificios de uso residencial en el área bajo estudio, ya que los criterios tomados en este punto serán la base para la obtención de unos resultados estadísticos acordes a la realidad. Estos datos estadísticos se refieren al cálculo de habitantes / m<sup>2</sup> de superficie residencial.

Según indicaciones del pliego, los datos de población y vivienda desocupada / 2ª vivienda se obtendrán a partir de las secciones censales más recientes. En ocasiones, el contraste de esta información con los datos suministrados por cada Ayuntamiento muestra una gran diferencia entre ambos. En ese caso, es labor del consultor el estudio de la magnitud de dicha discordancia y la decisión de asumir, corregir o sustituir los datos censales. Cualquiera de estas opciones será válida en tanto en cuanto lo sea su justificación.

La imposibilidad de obtener información detallada sobre la ubicación exacta de las viviendas desocupadas / 2ª vivienda, supone una deriva con respecto a los datos reales. El criterio más habitual es la distribución homogénea de este tipo de vivienda dentro de la sección censal.

Una vez realizada la asignación de población de manera automática en función de los habitantes por m<sup>2</sup> de superficie residencial, (según se indica en la guía de buenas prácticas del grupo de trabajo WG-AEN) y con el fin de minimizar imprecisiones debidas al redondeo, es importante una comprobación posterior que asegure que la población total asignada coincide con el dato inicial de población a asignar. En caso contrario, es tarea del consultor establecer factores de corrección que garanticen que este redondeo no provoque aumentos o disminuciones de la población repartida con respecto a los datos originales.

Otro punto en la asignación de la población es la información de partida sobre los edificios. Si se decide contar con la cartografía catastral se dispone de un grado de detalle excesivo para su visualización en mapa.

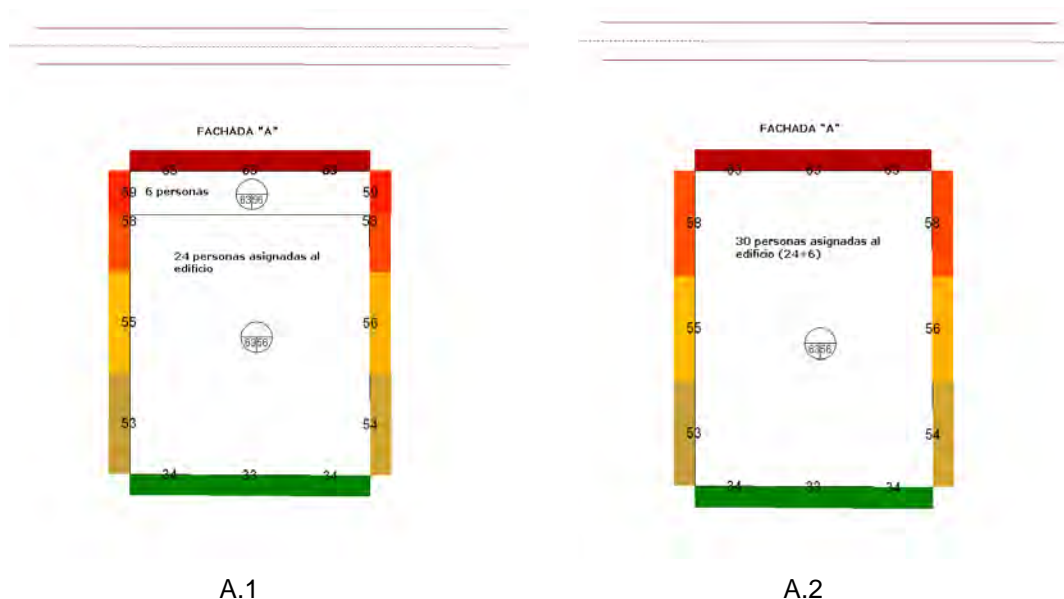


De la misma manera, esta escala de trabajo implica una asignación de población en fachada incorrecta, ya que en la asignación automática de población en función de la superficie residencial no existe diferencia alguna entre el tratamiento de los balcones y de las viviendas. De modo que la fachada del edificio tendrá asignada únicamente la población correspondiente al balcón, olvidando a la población del interior del edificio que no queda representada. Si no se corrige esta cuestión, la población expuesta en fachada se estará infravalorando. Dicha corrección implica una eliminación manual de los balcones o su integración automática en el edificio al que pertenece.

En la **Ilustración 39**, se muestra una comparación del número de personas expuestas teniendo en cuenta o no los balcones.

En la **Ilustración 39**, figura A.1 se han asignado las personas de manera proporcional a su superficie residencial de manera que se atribuyen 6 personas al balcón y 24 al resto de la planta. En la fachada "A" resultarían expuestas únicamente las personas resultantes de repartir las 6 personas asignadas al balcón completo, en función a la longitud de dicha fachada en relación con el perímetro total del balcón (la fachada frontal más las dos laterales).

En la figura A.2 de la **Ilustración 39**, el balcón se ha integrado en el edificio y, por lo tanto, el número de personas que corresponden a su superficie residencial es de 30 (24 de la planta + 6 del balcón). De esta manera, ahora en la fachada "A" se incrementa considerablemente el número de personas expuestas ya que ahora el número de personas a repartir en esa fachada no parte de las 6 del balcón sino de las 30 asignadas al edificio completo de manera proporcional a la longitud de cada fachada en función de la del perímetro total.



**Ilustración 39 – Efecto de la consideración de los balcones en el cálculo de personas expuestas.**

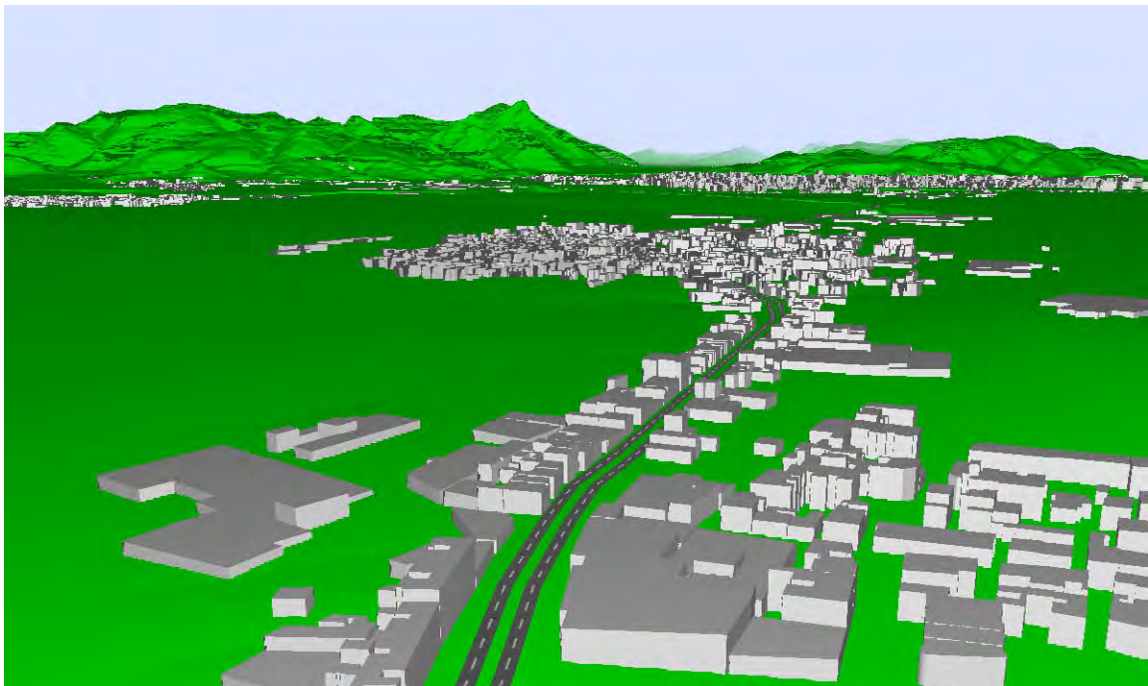
## IX.2. MODELO DIGITAL

Antes de la importación de todos los datos al programa de simulación acústica, es necesario realizar una depuración de los diversos elementos que conformarán el modelo tridimensional.

El consultor plantea las simplificaciones que considera necesarias para el cálculo de los mapas y valora la incidencia que pueda tener para el resultado final.

Puede resultar de gran utilidad revisar la complejidad de diversos elementos que introduciremos en nuestro modelo a priori ya que esto puede ahorrar recursos en el desarrollo del proyecto.

La cantidad de información cartográfica a gestionar puede justificar la aplicación de herramientas automáticas de tratamiento de información. Sin embargo, debe realizarse un control detallado de los resultados por parte del equipo responsable del estudio, puesto que una incorrecta interpretación puede influir de forma importante en la calidad final del estudio acústico.



***Ilustración 40 – Vista 3D de un modelo de simulación acústica.***

Si bien existen elementos que no se prestan a ningún tipo de simplificación posible porque implicarían la pérdida de información imprescindible para la obtención de unos datos representativos de la situación acústica, es posible cometer este proceso sin incurrir en error con otros elementos.

Generalmente, resulta eficiente:

- La adecuación de la configuración de cálculo.
- Eliminación del aforo de los enlaces si se considera que su impacto acústico no es relevante respecto de la información de la vía principal.
- Establecimiento de un cálculo en fachada para edificios fuera de Zonas de Estudio de Detalle más sencillo que el utilizado dentro de ellas.
- Supresión de vértices con información redundante en curvas de nivel.
- Fijación de un tamaño de malla óptimo que garantice una precisión adecuada de los resultados. Este criterio implica que se adecue un tamaño de malla diferente para las diferentes zonas según sus características cartográficas.
- Reducción del nivel de detalle de la geometría de los edificios.

Este último punto resulta de gran utilidad ya que:

- a. Mejora considerablemente el rendimiento de la simulación, en función del criterio elegido por el consultor.
- b. Elimina incorrecciones en el cálculo de población expuesta en fachada.
- c. Permite una mayor claridad en la visualización de los resultados en mapa.

Independientemente del método de trabajo tomado, cada uno de ellos tiene como fin, en resumen, aunar los distintos polígonos que conforman un mismo edificio.

Algunas de las maneras de realizar esta simplificación son:

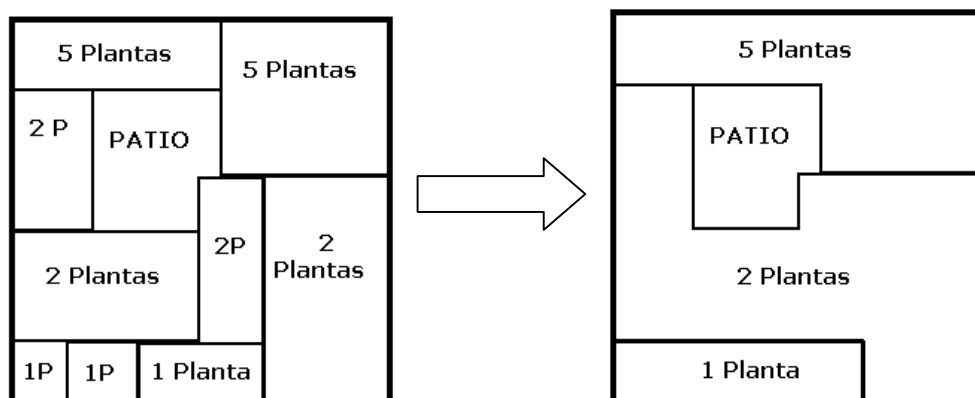
- a. Unificación de polígonos adyacentes de la misma altura y uso.
- b. Ponderación de la altura de cada manzana en función de las alturas y superficies de los edificios del mismo uso que la componen. Una manera habitual de realizarla es aplicando la siguiente fórmula en un SIG:

$$HEdificio\_ponderada = (Superficie\_Edificio / Superficie\_Total\_Bloque) * HEdificio$$

donde H es la Altura del Edificio.

Con esto se consigue que cada edificio que compone un bloque contribuya con su altura de forma proporcional a la superficie que ocupa dentro de dicho bloque.

Es compromiso del consultor acústico no sacrificar la calidad de los resultados en la toma de estas decisiones.



*Ilustración 41 – Ejemplo de unificación de polígonos adyacentes de igual altura y uso.*

### IX.3. CARRETERAS COMO FUENTES DE RUIDO DE TRÁFICO RODADO

Salvo que se cuente con datos exactos por estaciones de conteo, los aforos de los enlaces entre las vías de estudio se obtienen de una estimación en porcentaje en función de las magnitudes de tráfico de las carreteras enlazadas o, raramente de estimación por conteo.

Una correcta caracterización para estas vías requiere la diferenciación del tipo de flujo de tráfico en acelerado o decelerado (entrada o salida respectivamente). Así mismo es necesaria una adecuación de las velocidades máximas propias de la tipología de dichas vías de acceso.

Es decisión del consultor acústico la eliminación de la simulación de ciertos enlaces cuyo flujo de vehículos no provoque una variación sustancial del impacto acústico generado por la carretera en esa zona.

Los mapas estratégicos de ruido, según la Directiva Europea, representan la afección de ruido en la población por cada carretera de manera individual. En la realidad, pueden darse poblaciones donde el estudio global de todas las vías de su entorno sea más representativo que el análisis de cada una de ellas por separado; como ocurre en el presente estudio con el Campus Sur de la U.P.M.

Por eso, es importante caracterizar y modelizar adecuadamente los enlaces tanto en aforo como en geometría y longitud con el fin de obtener unos resultados lo más aproximados posible a la realidad.

## IX.4. EVALUACIÓN DE POBLACIÓN EXPUESTA

La Directiva 2002/49/CE en su Anexo VI, especifica claramente que los datos de población expuesta a los diferentes niveles de ruido de los grandes ejes viarios se refieren exclusivamente a la población situada fuera de las aglomeraciones; así se recoge en el pliego de prescripciones técnicas. En los mecanismos de información previstos por la Comisión Europea, los datos de población expuesta al ruido de los grandes ejes viarios dentro de una aglomeración se aportan en los mapas estratégicos de las aglomeraciones.

Sin embargo, para evitar confusiones en la interpretación de los datos de población expuesta, se determina en el pliego que *“en las UME que afecten a alguna aglomeración, se aportarán, para cada uno de los 4 indicadores, los datos de población expuesta que viven dentro de cada aglomeración, con el objetivo de conocer la población afectada total”*.

Al margen de esta puntualización, no existe un procedimiento fijado para resolver este aspecto puesto que depende de las herramientas disponibles por el consultor acústico. El requisito impuesto por la Dirección del estudio es que en la fase A se considere todo el edificio como un único elemento de análisis; mientras que en la fase B, se debe distinguir la exposición al ruido de las diferentes fachadas de cada edificio.

Las especificaciones de la Directiva se refieren a niveles de ruido en fachada considerando únicamente el sonido incidente pero también al cálculo de isófonas, por lo que tal y como recogió el Working Group AEN en sus recomendaciones, para obtener la información requerida se precisan varios cálculos diferentes, tanto con las isófonas como con los receptores en fachada. El consultor acústico propone el procedimiento a utilizar el cálculo de la evaluación de población expuesta en cada fase y el control de calidad del Ministerio lo valora.

La población expuesta se calcula utilizando distintos métodos a lo largo de las fases del proyecto. Inicialmente, tras obtener la malla de toda la UME, y como una primera aproximación a las zonas que se propondrán para estudio en detalle, el consultor debe elegir un método de cálculo de la población expuesta que proporcione resultados representativos.

Existen diversas maneras de realizar esta estimación según la malla. Algunas de ellas son:

- a. Marcando el centroide de cada edificio como punto representativo del mismo; es decir, si el centroide está contenido en la malla, toda la población del edificio se considera expuesta.

De esta manera pueden existir incompatibilidades con algunos programas de simulación que no interpolan adecuadamente los valores de la malla a 4m en el área ocupada por el edificio.

Por otro lado, en los edificios de mayor superficie, en los que el centroide quedará alejado de la fachada, la infravaloración se hace mucho más evidente llegando incluso a la situación de descartar esos edificios cuando se encuentran parcialmente contenidos en la isófona que marca el valor límite inferior.

- b. Considerando toda la población correspondiente a un edificio como expuesta si una parte de él está contenida en el área de afección de la malla.

Utilizando esta metodología se tiende a sobreestimar el resultado, pero se asegura la inclusión de toda la población expuesta.

- c. Estableciendo la completa inclusión del edificio dentro del área de afección de la malla como criterio para considerar a la población expuesta.

- d. Calculando el número de personas expuestas proporcionalmente al área del edificio que queda contenida en el área de afección de la malla.

Es importante valorar en cada caso si se está cometiendo una desviación por exceso o por defecto de la población expuesta. Ante la duda conviene recordar que al infravalorar la población expuesta se está obviando posibles áreas con afecciones a tener en cuenta.

Mientras que en la fase A se realiza únicamente una primera aproximación, una vez que se avanza en el desarrollo del proyecto, son necesarios datos más exactos de población expuesta. Es entonces cuando se realiza el cálculo de población por fachada. Igualmente no existe un criterio único a la hora de realizar este cálculo.

Si bien en el pliego se establecen ciertas indicaciones como la longitud mínima de la fachada, existen otras cuestiones a elección del consultor:

- a. Considerar el valor en fachada como la media de los valores obtenidos por cada receptor puntual sobre la misma.
- b. Tomar el valor máximo de los evaluadores en una fachada como representativo de la misma.



A su vez se pueden realizar simplificaciones en las fachadas que quedan fuera de las zonas de estudio de detalle:

- a. Interpretando el perímetro completo del edificio como una única fachada. De modo que se asignará toda la población de ese edificio al valor máximo o medio de los evaluadores de fachada (de nuevo a criterio del consultor).
- b. Fijando como fachada la porción del perímetro contenida en el área de cada rango de la malla y asignando la población de la fachada en función del perímetro.

Esta simplificación no requiere de evaluadores en fachada fuera de las zonas de estudio de detalle.

En el caso de los MER de la Comunidad de Madrid (en los que se engloba el Campus Sur de la U.P.M.), entregados en la primera fase de 2007 correspondiente a los grandes ejes viarios, no se cita en la memoria resumen el método de cálculo de la población expuesta, únicamente el modo de redondeo a centenas:

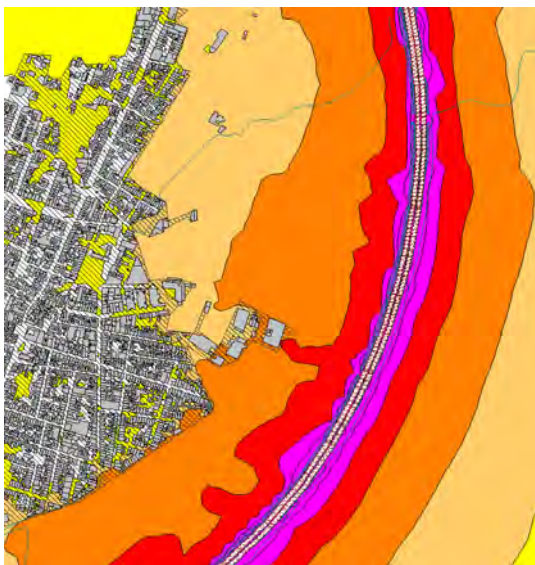
*“El redondeo se ha efectuado al alza hasta la centena más cercana siempre y cuando el resultado se encuentre justo en el centro o por encima (ejemplo: si la población expuesta a  $L_{den}>75$  son 150 personas, dicha población se redondea a 2 centenas), y hasta la centena inferior más cercana si está por debajo del centro (ejemplo: si la población expuesta a  $L_{den}>75$  son 140 personas, dicha población se redondea a 1 centena).*

*En el caso de la primera centena, siempre se ha redondeado al alza (ejemplo: si la población expuesta a  $L_{den}>75$  son 3 personas, dicha población se redondea a 1 centena). Esta forma de redondeo puede originar pequeñas diferencias (de aproximadamente 1-2 centenas) entre los valores indicados en los mapas de exposición ( $L_{den}> 55$  dB,  $L_{den}> 65$  dB y  $L_{den}> 75$  dB) y los valores indicados por rangos de niveles sonoros (de 5 en 5 dB).”*

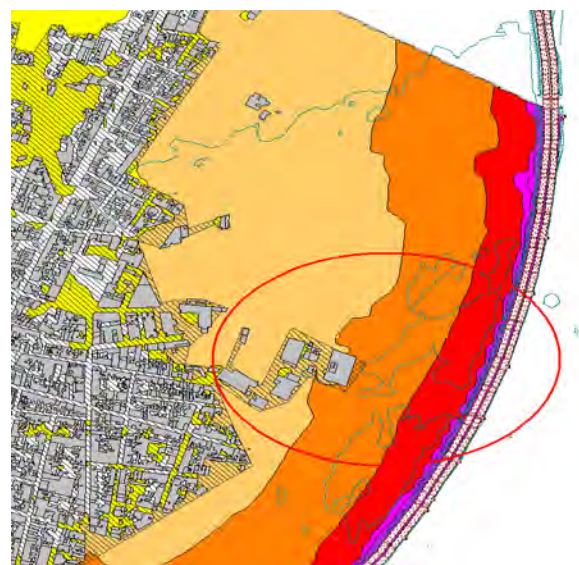
Para nuestro estudio del Campus Sur, el cálculo de población expuesta en los edificios docentes (fase B del estudio) se ha realizado tomando el valor máximo de los evaluadores de cada fachada como representativo de la misma.

## IX.5. ZONAS DE DETALLE

Una vez realizado el cálculo de personas expuestas en cada unidad de mapa estratégico de la fase A, se está en disposición de proponer las que formarán parte de un estudio más detallado. En la elección de dichas zonas son varios los factores a considerar, donde será decisión del consultor acústico la definición de un único parámetro o un compendio de varios que determinen la inclusión o no de una zona en el estudio de detalle de la fase B para ampliar así la información sobre la misma.



Fase A 1:25.000



Fase B 1:5.000

***Ilustración 42 – Diferencia de resultados obtenidos en la misma zona para la fase de estudio básico (A) y la fase de estudio de detalle (B).***

La presencia de viviendas unifamiliares, el porcentaje de vivienda desocupada, los edificios sensibles dentro del área de afección, el rango de niveles a los que está expuesta la población o la posibilidad de ampliación de la información relativa a cada zona por la inclusión de más detalle en las curvas de nivel son algunos de los parámetros más valorados por los consultores.

## IX.6. MEDIDAS CORRECTORAS

El consultor acústico asigna simplemente una prioridad de ejecución a las propuestas de actuación en función de unas variables que él mismo fija y sin llegar a dar datos cuantitativos de la mejor que podría llegar a suponer la medida correctora propuesta.

En el caso de la primera fase de entrega de los MER de la Comunidad de Madrid (en los que se engloba el Campus Sur de la U.P.M.), con el objeto de definir la prioridad de actuación en cada caso, se han analizado para cada ZED las siguientes variables:

- Población afectada: viene dada por la población (en centenas) expuesta a  $L_{\text{noche}} > 55$  dB, que resulta ser el parámetro más restrictivo de los evaluados (el que da un valor más alto de población expuesta).
- Edificios sensibles: variable cuantitativa que evalúa las unidades de edificios sensibles (uso docente y hospitales) expuestos a  $L_{\text{día}} > 60$  dB dentro del área de detalle.
- Conflicto acústico. Índice definido por los valores de población expuesta a  $L_{\text{noche}} > 55$  dB por unidad de longitud (medida en centenas de población por Km de vía afectada) y por las unidades de edificios sensibles expuestos a  $L_{\text{día}} > 60$  dB (unidades de edificios por Km de longitud).
- Necesidad de actuación: variable cualitativa definida en función del valor del “conflicto acústico”.
- Tipo de actuación: propuesta de medida estimada con objeto de reducir el potencial impacto acústico.
- Viabilidad de las medidas: variable referida a la viabilidad técnica de la aplicación de las medidas definidas anteriormente.
- Eficacia de las medidas: únicamente se refiere a la eficacia de las pantallas acústicas puesto que en el resto de los casos deben definirse otro tipo de medidas complejas de naturaleza y eficacia muy variable mediante otros estudios detallados.
- Prioridad: variable que se evalúa como ponderación de las variables “necesidad de actuación”, “viabilidad de la actuación” y “eficacia de la medida”. Esto es, la combinación de necesidad de actuación (alta), viabilidad de la actuación (alta) y eficacia de la medida (alta) tiene como resultado Prioridad alta.

## X. GRUPOS DE TRABAJO – UNIFICACIÓN DE CRITERIOS

La experiencia adquirida por parte del Ministerio de Fomento durante el desarrollo de la primera fase de implementación de la Directiva fue de utilidad para identificar aspectos que se consideran críticos a la hora de velar por que los resultados de los diferentes estudios acústicos fueran homogéneos y cumpliesen con una serie de criterios de calidad.

Por otra parte, la puesta en común de las experiencias de los consultores acústicos relativas a la elaboración de los MER en esta primera fase (2007) reflejaban también esta importancia de homogeneización pero rodeada de un gran número de interrogantes sobre la óptima ejecución del proyecto.

En la segunda fase de cumplimiento de esta Directiva, se establece que para el año 2012 los responsables de las infraestructuras deberían haber realizado la totalidad de los MER de los ejes viarios con una IMD de más de 8.219 vehículos y la actualización de los MER de los ejes grandes ejes viarios entregados en la primera fase 2007.

Estos objetivos no se han cumplido en plazo, sin embargo, como dato positivo extraído de las experiencias vividas en la entrega de la primera fase, todo ello ha resultado en un mayor detalle en las especificaciones y ejemplos por parte del Ministerio de cara a la segunda fase de entrega y en la colaboración conjunta de los consultores acústicos mediante diversos grupos de trabajo tales como:

### **CNOSSOS:**

Con el propósito de mejorar la calidad, consistencia y fiabilidad de los resultados de la evaluación del ruido, la Comisión Europea y un grupo de expertos de los Estados Miembros están preparando un método común de evaluación del ruido para tráfico rodado, ferroviario, aéreo y el ruido industrial, destinado a obtener resultados comparables entre los Estados Miembros de la UE. Este método será conocido como CNOSSOS; acrónimo de Common Noise Assessment Methods y parte de la base de los métodos Nord 2000, Harmonoise – Imagine y NMPB – Routes.

### **HARMONOISE - IMAGINE:**

El proyecto Harmonoise nace con el objetivo de mejorar los métodos de evaluación y gestión de las fuentes de tráfico rodado y ferroviario mediante una base de datos común a todos los Estados Miembros. Sobre esta base se estableció el proyecto IMAGINE que amplió el método de propagación del sonido empleado por Harmonoise e incluyó el ruido originado por las restantes fuentes: actividades industriales y aeronaves.

### **NORD 2000:**

El método Nord 2000 reúne muchos aspectos parecidos con el modelo Harmonoise, aunque presentan algunas diferencias: se basa en la teoría geométrica de los rayos y la teoría de la difracción, el suelo se caracteriza por su impedancia y rugosidad.

Existen otros grupos de trabajo referentes a los métodos de evaluación como GipSynoise, SILENCE o SILVIA.

Respecto a la necesidad de unificación del resto de los criterios y una metodología común de trabajo, en España se creó de manera puntual un grupo de trabajo formado por el Ministerio de Medio Ambiente junto con diversos consultores acústicos de diferentes empresas adjudicatarias de los MER, AENA, Ferrovial, diversos Ayuntamientos y Universidades en el Congreso Nacional de Medio Ambiente 9 (CONAMA 9) de Diciembre de 2008 que reflejaba los principales puntos a mejorar o solucionar para las siguientes entregas como:

- Escasez de información actualizada de las administraciones locales necesaria para la recopilación de información para los MER: altura de edificios, viviendas desocupadas...
- Respecto a los MER ferroviarios, una adaptación del método holandés de manera que caracterice los trenes españoles que finalmente fue realizada por el CEDEX a petición de ADIF.
- Necesidad de una especialización en acústica de las personas encargadas de la realización de los MER debido a la gran cantidad de criterios no especificados en el pliego que se deben valorar durante la ejecución.
- Mayor claridad en los pliegos de prescripciones técnicas.
- Mayor diálogo con el Ministerio encargado de la Dirección del MER durante el proceso de elaboración de los mismos.
- Unificación de la metodología común, ya no solo de cara a los Estados Miembros sino a nivel estatal fundamentalmente para que puedan ser comparables los resultados de los MER de diversos años y los planes de acción independientemente del autor del estudio.

## X.1. SISTEMAS DE INFORMACIÓN SOBRE LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA

En cumplimiento de la Directiva 2002/49/CE:

*“Los Estados miembros velarán por que los mapas estratégicos de ruido que hayan realizado, y en su caso aprobado, y los planes de acción que hayan elaborado se pongan a disposición y se divulguen entre la población de acuerdo con la legislación comunitaria pertinente”.*

*“La Comisión creará una base de datos con la información relativa a los mapas estratégicos de ruido con el fin de facilitar... los trabajos técnicos e informativos”.*

Dichas bases de datos sobre los MER son:

### **A nivel estatal - SICA:**

SICA (Sistema Básico de Información sobre la Contaminación Acústica) en cumplimiento del Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental.

A nivel estatal, el SICA constituye una base de datos necesaria para la organización de la información relativa a los mapas estratégicos de ruido y planes de acción en materia de contaminación acústica. En el SICA se recogen los enlaces de consulta de MER a nivel autonómico y en función del tipo de MER (ejes viarios, ferroviarios, aéreos, de aglomeraciones).

El Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) presta el apoyo técnico para su implantación y mantenimiento.

### **Consulta visual de mapas de ruido**

1ª Fase (2007)

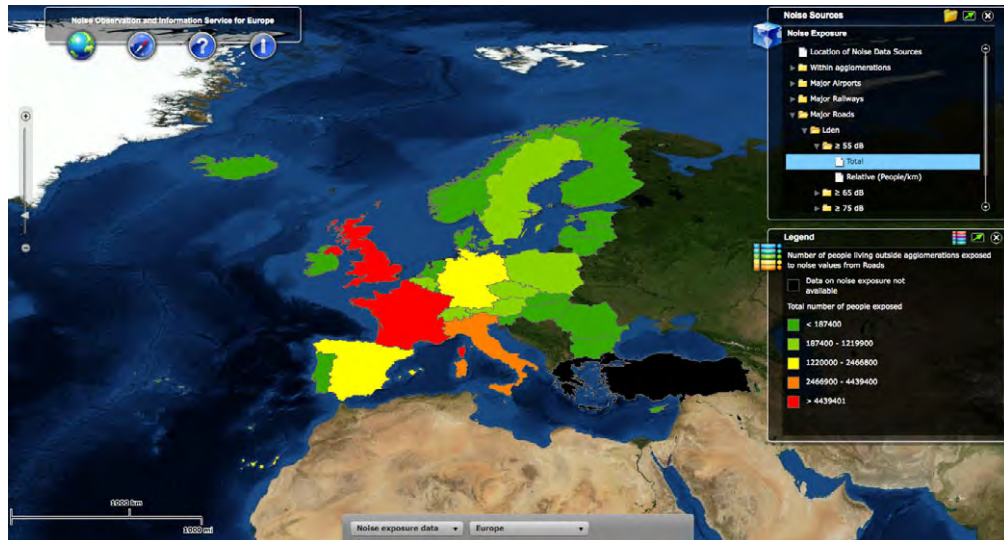


**Ilustración 43 – Visualización en SICA de los MER a nivel estatal.**



### A nivel europeo NOISE:

NOISE (Noise Observation and Information System for Europe) de la Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA): Están trabajando en la unificación de los MER resultantes. Han elaborado una aplicación informática que permite tener acceso a los datos oficiales que los Estados Miembros han ido suministrando sobre población expuesta. Desde esta aplicación se accede a una página de CIRCA desde donde descargar toda la información (bases de datos) y se ofrecen diferentes maneras de visualizarla.



**Ilustración 44 – Visualización en NOISE del número de personas (fuera de aglomeraciones) expuestas a  $L_{den} > 55dB(A)$ .**

## XI. SITUACIÓN ACTUAL DE NUESTRA ZONA DE ESTUDIO – CAMPUS SUR

Como resultado de los MER de la Comunidad de Madrid (primera fase - 2007 – grandes ejes viarios) no se han propuesto medidas correctoras para el Campus Sur de la U.P.M. ni se ha considerado siquiera el estudio de detalle de la zona durante la ejecución de dicho proyecto.

Debido a que el Campus Sur de la U.P.M. pertenece al Municipio de Madrid, se incluyó también dicha zona en el MER de la aglomeración de Madrid en la primera fase de estudio (realización año 2006) [16] englobado en el distrito de Puente de Vallecas – Barrio de Palomeras Sureste. En este caso, y según indica la memoria resumen de dicho MER: *“La fuente acústica más importante es el tramo de la M-40 que discurre por el barrio, dividiéndolo en dos sectores diferenciados. La parte situada en el interior es una zona urbana residencial, protegida acústicamente por el Parque Lineal de Palomeras. El sector exterior de la M-40 (este), es una zona industrial y de servicios, donde destacan las instalaciones del Campus Sur de la Universidad Politécnica de Madrid, el centro de empresas La Arboleda, el Centro Superior de diseño de Moda, además de zonas deportivas, un Instituto de Educación Secundaria y las instalaciones del INSIA”.*

En relación a estos MER, en 2009, el área de Gobierno de Medio Ambiente de Madrid elaboró un “Plan de Acción en materia de contaminación acústica” [17] en el que se incluye una “Zona de conflicto 24 – Avenida de la Albufera” con población afectada 9.034 personas. Este informe surge del apartado 6 del Anexo IV del R.D. 1513/2005.

Descripción de la zona según la memoria resumen del Plan de Acción:

*“Zona de gran extensión, situada en el Distrito 13, Puente de Vallecas, que afecta a los barrios de Palomeras bajas, Palomeras Sureste y Portazgo. Comprende el entorno de la Av. de Miguel Hernández, el final de la Av. de la Albufera, y la Av. de Buenos Aires (una vez pasada la M-40). Es una zona con construcciones nuevas, formada por avenidas anchas con 2 carriles por sentido separados por una mediana. El nivel de tráfico es bastante alto en la Av. de la Albufera (IMD de entre 40.000 y 60.000 vehículos), y más bajo en el resto (no superando una IMD de 20.000 vehículos). Las viviendas están dispuestas en edificios de entre 5 y 14 alturas. Urbanísticamente, la zona es bastante abierta y con zonas verdes.”*

[illegible]

A photograph of a graffiti-covered concrete wall and metal fence in an urban setting. The wall features colorful graffiti, including the word 'LOVE' in large letters. Behind the fence are tall apartment buildings and a cloudy sky. A bicycle is parked against the wall.

Pág.87 de 119

## XII. CONCLUSIONES

El ruido se ha convertido, de un tiempo a esta parte, en uno de los aspectos medioambientales que más preocupan al ciudadano. No solo han aumentado las quejas sobre el ruido excesivo sino que se ha constatado que el ruido es una amenaza subestimada que puede causar problemas de salud a corto y largo plazo.

Según datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS), alrededor del 40% de la población de los países de la Unión Europea se expone a niveles de ruido del tráfico de carretera superiores a  $L_{den}$  55 dB(A).

Por ello, en los últimos años se han intensificado las acciones a nivel europeo y estatal destinadas a la evaluación de la exposición al ruido de los ciudadanos mediante Mapas Estratégicos de Ruido (MER), información pública de los resultados obtenidos y propuesta de planes de acción que ayuden a prevenir y reducir el ruido ambiental, actualizar las políticas referentes al ruido y mantener la calidad del entorno acústico cuando sea satisfactoria.

Este proyecto recoge, una vez establecida la diferencia entre MER y MR, las labores relativas a la realización de MER de carreteras de acuerdo a la petición de la Comunidad Europea del estudio de aquellas carreteras con más de 6 millones de vehículos al año en su primera fase de entrega, los requisitos a cumplir, la importancia del consultor acústico en este proceso ante la falta de homogeneización de criterios y un resumen de las acciones que se están tomando ante esta necesidad de cara a las nuevas entregas.

En los MER de los grandes ejes viarios, la principal finalidad es conocer la afección de ruido en la población de manera individual por cada carretera de manera que, mediante la localización de las zonas en las que se superan los objetivos de calidad acústica, se puedan establecer y desarrollar las futuras medidas y acciones necesarias para mejorar el estado de la contaminación acústica de la zona objeto de estudio.

Sin embargo, esta predicción acústica no se acerca a la realidad en los casos en los que este gran eje viario enlaza con otro vial de gran aforo pero que no llega a la categoría de gran eje viario, sobre todo si se trata de zonas lejanas a las aglomeraciones que no se ven incluidas en otros MER, por lo que la propuesta de soluciones para las zonas afectadas no es útil ya que puede no solucionar los problemas de ruido por completo al no tener en cuenta los demás ejes viarios.

A su vez, es muy probable que haya zonas que no se hayan considerado en este análisis por no superar los objetivos límite de calidad cuando en un estudio más en detalle de su situación acústica del entorno sí deberían haberse considerado. En el caso del Campus Sur de la U.P.M., por ejemplo, hemos visto que, pese a incumplir los valores objetivo no se ha seleccionado para un estudio de detalle en los MER de grandes ejes viarios ni se ha incluido en los planes de acción derivadas de los MER de aglomeraciones ambos de primera fase de entregas. Esta inclusión, en mi opinión debería haberse realizado ya que hemos comprobado que absolutamente todos los centros docentes presentes en el Campus Sur se encuentran muy por encima de los valores objetivo.

En este caso puede que además la situación empeore debido a la situación del Campus en el extrema de los MER de aglomeraciones y los MER de grandes ejes viarios.

Con las siguientes entregas en diversos años, para dar cumplimiento a la Directiva 2002/49/CE, de otras fuentes de ruido como vías ferroviarias o aéreas y los MER de ejes viarios de menos aforación, se dispondrá a nivel estatal en el SICA (Sistema de Información sobre Contaminación Acústica) de una base de datos SIG con información parcial de cada una de estas fuentes que se podrá tratar para obtener una predicción más próxima a la situación acústica real de cada zona objeto de estudio y se podrán así llevar a cabo soluciones prácticas para mitigar los problemas de ruido existentes.

Estos MER permitirán desarrollar en un futuro una estrategia europea cuyo objetivo será reducir el número de personas afectadas por ruido a largo plazo y la ejecución de políticas de reducción de ruido desde la fuente. Pero para ello es imprescindible una unificación de criterios y metodología de trabajo común y claramente especificada en el pliego de prescripciones técnicas de manera que los resultados obtenidos en la revisión de un MER o en un plan de acción sean comparables entre sí independientemente del autor del estudio ya que como hemos visto, los diferentes criterios que puede tomar un consultor acústico durante la ejecución de un MER, aunque todos perfectamente válidos, originan una deriva en los resultados que puede llegar a ser muy grande.

En mi opinión, por tanto, estas entregas parciales son útiles de cara al futuro pero no en el momento de su entrega, esto se acusa más en los planes de acción que se han llevado a cabo tras la elaboración de cada uno de estos MER de grandes ejes viarios de manera que tal y como está planificado resultan insuficientes ya que para una propuesta adecuada de soluciones de un área con niveles de ruido superiores a la normativa se debería tener en cuenta la totalidad de las fuentes participantes como se está haciendo en los MER de aglomeraciones.



### XIII. PLANNING Y PRESUPUESTO

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Recopilación de datos													
Medidas													
Análisis de datos													
Generación del modelo de simulación													
Simulación acústica													
Sistemas de Información Geográfica													
Redacción de Informe y análisis													

**Tabla 18 – Planning.**

Donde las tareas se presentan en la primera columna y las unidades de la primera fila hacen referencia a número de semanas efectivas.

De tal manera, teniendo en cuenta 60€/h para labores de ingeniería, 20€ para labores más administrativas y el coste anual de los equipos:

- Recopilación de datos: 800€

- Partida de medidas + análisis de datos:

1 Sonómetro – 3.500€ al año → Se emplearon 2 sonómetros, 4 semanas efectivas → 580€

Análisis de datos: 800€

Aunque se reflejan 4 semanas en el planning es porque se va haciendo según se van obteniendo datos de medidas pero no se emplean al completo esas semana para el procesado y análisis.

- Partida de generación del modelo y simulación:

Generación del modelo de simulación: 4.800€

Simulación acústica: Coste de luz de los equipos porque se dejan calculando automáticamente día y noche y una supervisión esporádica del ingeniero. 600€

Licencia de Cadna-A → 6.000 € al año → Utilización del Cadna-A durante 5 semanas → 625€

- Sistemas de Información Geográfica

Licencia básica de SIG → 12.000 € al año → Utilización del SIG durante 3 semanas → 750€

Manejo del SIG por un ingeniero: 4.500€

- Redacción de informe y análisis: Se reparten las horas entre un aingeniero y tareas administrativas → 3.000€

**COSTE TOTAL: 16.455€**



## XIV. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

### REFERENCIAS:

- [1] Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise.
- [2] Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido.
- [3] RD 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental.
- [4] RD 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.
- [5] Ministerio de Fomento – Cedex – EGRA - <http://www.cedex.es/egra/entrada-egra.htm>
- [6] Dirección General de Carreteras y CEDEX - Elaboración de mapas estratégicos de ruidos de carreteras 2004.
- [7] Ministerio de Fomento. Mapas estratégicos de ruido de las carreteras de la Red del Estado en la Provincia de Madrid. 2007.  
[http://webaux.cedex.es/egra/MER\\_PRIMERA/CARRETERAS/ITINERARIOS/Itinerario-20/Itinerario-20.html](http://webaux.cedex.es/egra/MER_PRIMERA/CARRETERAS/ITINERARIOS/Itinerario-20/Itinerario-20.html)
- [8] Ministerio de Fomento. Mapas estratégicos de ruido de las carreteras de la Red del Estado en la Provincia de Valencia. 2007.
- [9] Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Comunidad de Madrid [www.madrid.org/medioambiente/](http://www.madrid.org/medioambiente/)
- [10] Real Decreto Legislativo 1/1992, de 26 de junio.
- [11] Ley 9/2001, de 17 de julio, del Suelo de la Comunidad Autónoma de Madrid.
- [12] Decreto 78/1999, por el que se regula el régimen de protección contra la contaminación acústica de la Comunidad de Madrid.
- [13] Ordenanza General de protección del Medio Ambiente del Ayuntamiento de Madrid de 24/07/1985.
- [14] Método Francés de cálculo, NMPB-Routes-96 (SETRA-CERTU-LCPC-CSTB)
- [15] European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN) 13/01/2006.
- [16] Munimadrid - Mapa estratégico de ruido de Madrid (aglomeración) - Distrito de Puente de Vallecas – Barrio de Palomeras Sureste. Primera fase de entregas.

[17] Plan de acción en materia de contaminación acústica del área de Gobierno de Medio Ambiente de Madrid.

[18] UNE-ISO 1996-1:2005. Acústica. Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 1: Magnitudes básicas y métodos de evaluación. Parte 2: Determinación de los niveles de ruido ambiental.

#### BIBLIOGRAFÍA ADICIONAL:

Manual ArcGis-Software GIS for Mapping, Data Integration and Analysis, ESRI.

Manual CadnaA-Software for the calculation and evaluation of environmental noise, Datakustik.

Resumen de resultados y Plan de Acción PAR 2008-2012 - Primera fase de la elaboración de los Mapas Estratégicos de Ruido de las Carreteras de la Red del Estado – EGRA – Ministerio de Fomento.

European Commission - <http://ec.europa.eu/environment/noise/home.htm>

SICA - <http://sicaweb.cedex.es/index.php>

NOISE - <http://noise.eionet.europa.eu/>

SIG - <http://www.nosolosig.com/>

World Health Organization - WHO - <http://www.euro.who.int/en/what-we-do/health-topics/environment-and-health/noise>

<http://ec.europa.eu/environment/noise/>

EGRA - <http://webaux.cedex.es/egra/>

## ANEXO I: PLANOS MER FASE A – MAPAS ESTRATÉGICOS BÁSICOS:

**A.1.1.1 – MAPA DE NIVELES SONOROS LDEN**

**A.1.1.2 – MAPA DE NIVELES SONOROS LNOCHE**

**A.1.1.3 – MAPA DE AFECCIÓN**

**A.1.1.4 – DELIMITACIÓN ZONAS DE ESTUDIO DE DETALLE**

**A.1.1.5 – MAPA DE EXPOSICIÓN LDEN**

**A.1.1.6 – MAPA DE EXPOSICIÓN LNOCHE**

**Inmaculada Lorente González**





**Inmaculada Lorente González**





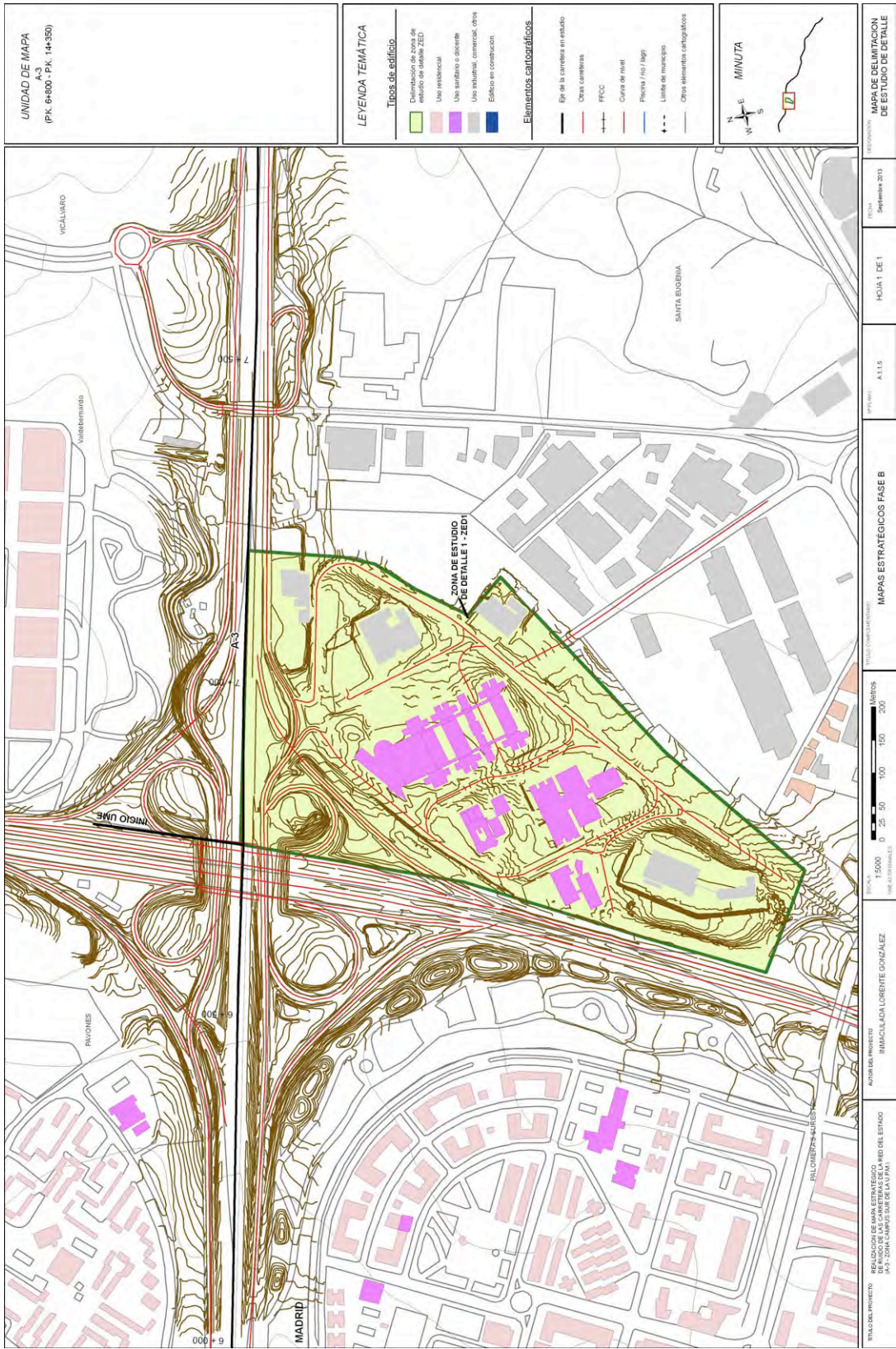
**Inmaculada Lorente González**





REALIZACIÓN DE MAPA ESTRATÉGICO DE RUIDO DE LAS CARRETERAS DE LA RED DEL ESTADO  
(A-3 - ZONA CAMPUS SUR DE LA U.P.M.)

Inmaculada Lorente González



FASE A - A.1.1.4 – DELIMITACIÓN DE ESTUDIO DE DETALLE



**Inmaculada Lorente González**





**Inmaculada Lorente González**



## ANEXO II: PLANOS MER FASE B – ZED1 – MAPAS ESTRATÉGICOS DE DETALLE:

**B.1.1.1 - MAPA DE NIVELES SONOROS LDEN**

**B.1.1.2 – MAPA DE NIVELES SONOROS LNOCHE**

**B.1.1.3 – MAPA DE NIVELES SONOROS LDÍA**

**B.1.1.4 – MAPA DE NIVELES SONOROS LTARDE**

**B.1.1.5 - MAPA DE EXPOSICIÓN LDEN**

**B.1.1.6 – MAPA DE EXPOSICIÓN LNOCHE**

**B.1.1.7 – MAPA DE EXPOSICIÓN LDÍA**

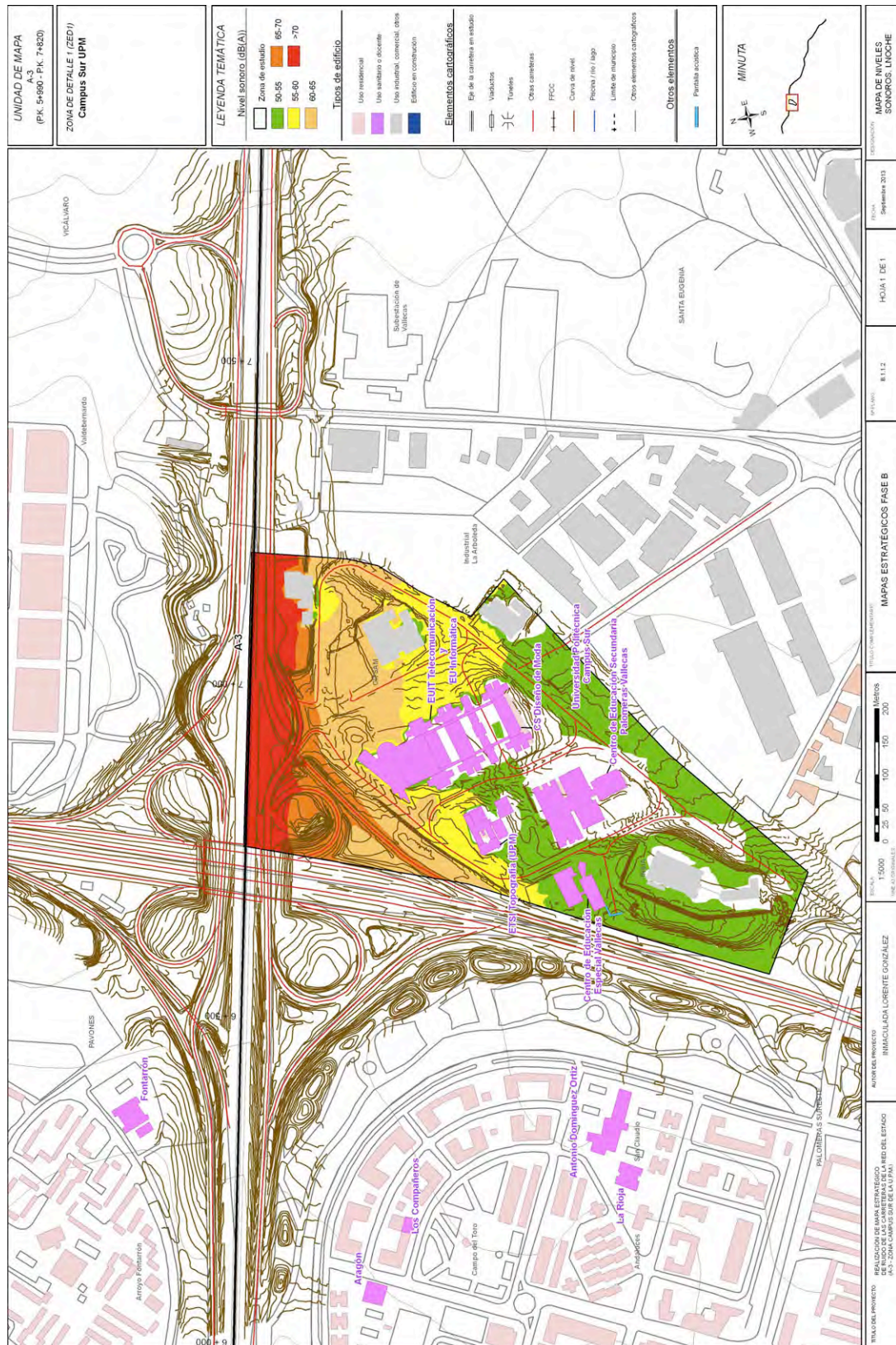
**B.1.1.8 – MAPA DE EXPOSICIÓN LTARDE**







**Inmaculada Lorente González**

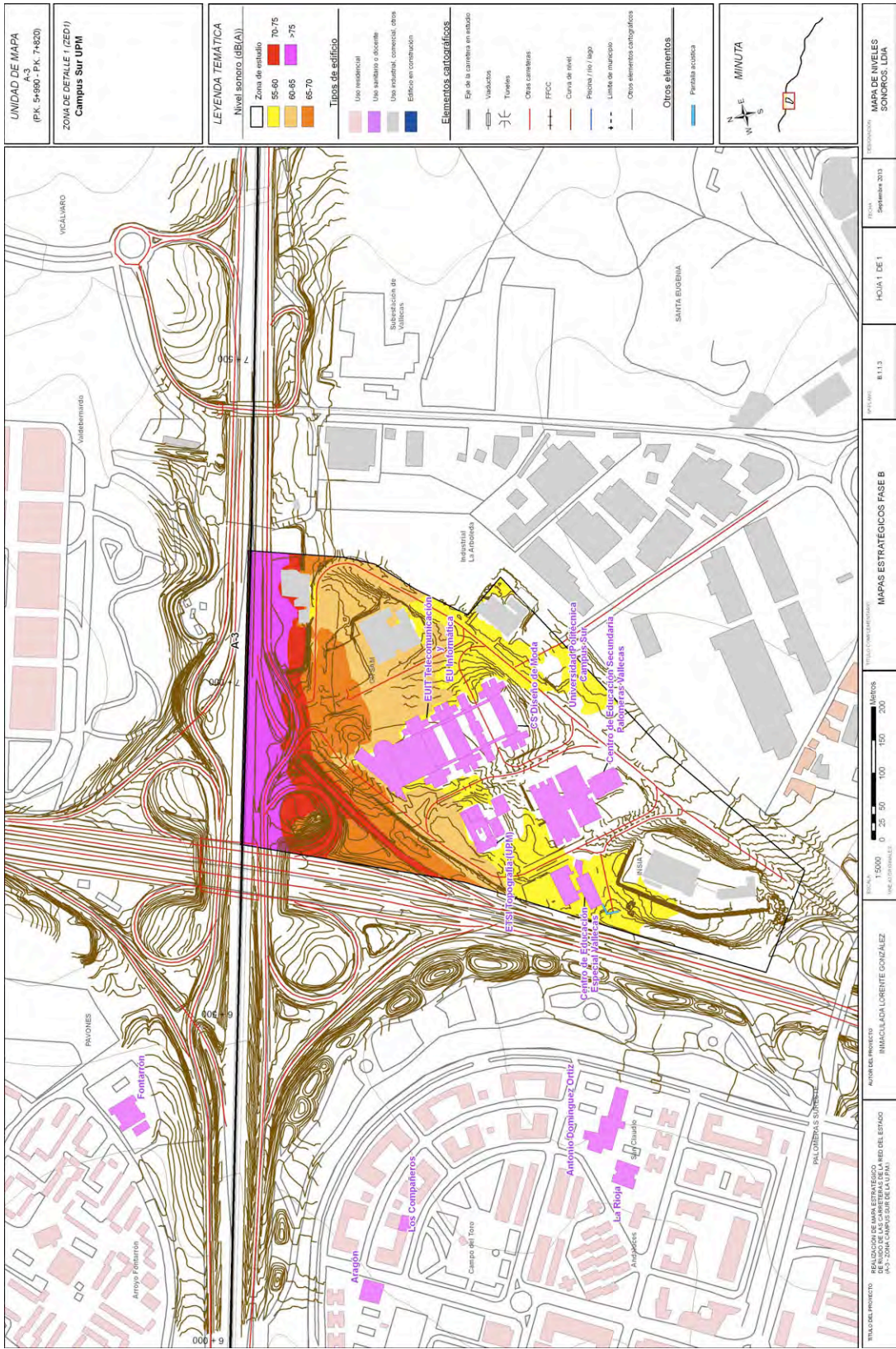


### FASE B - B.1.1.2 – MAPA DE NIVELES SONOROS L<sub>NOCHE</sub>



REALIZACIÓN DE MAPA ESTRATÉGICO DE RUIDO DE LAS CARRETERAS DE LA RED DEL ESTADO  
(A-3 - ZONA CAMPUS SUR DE LA U.P.M.)

Inmaculada Lorente González

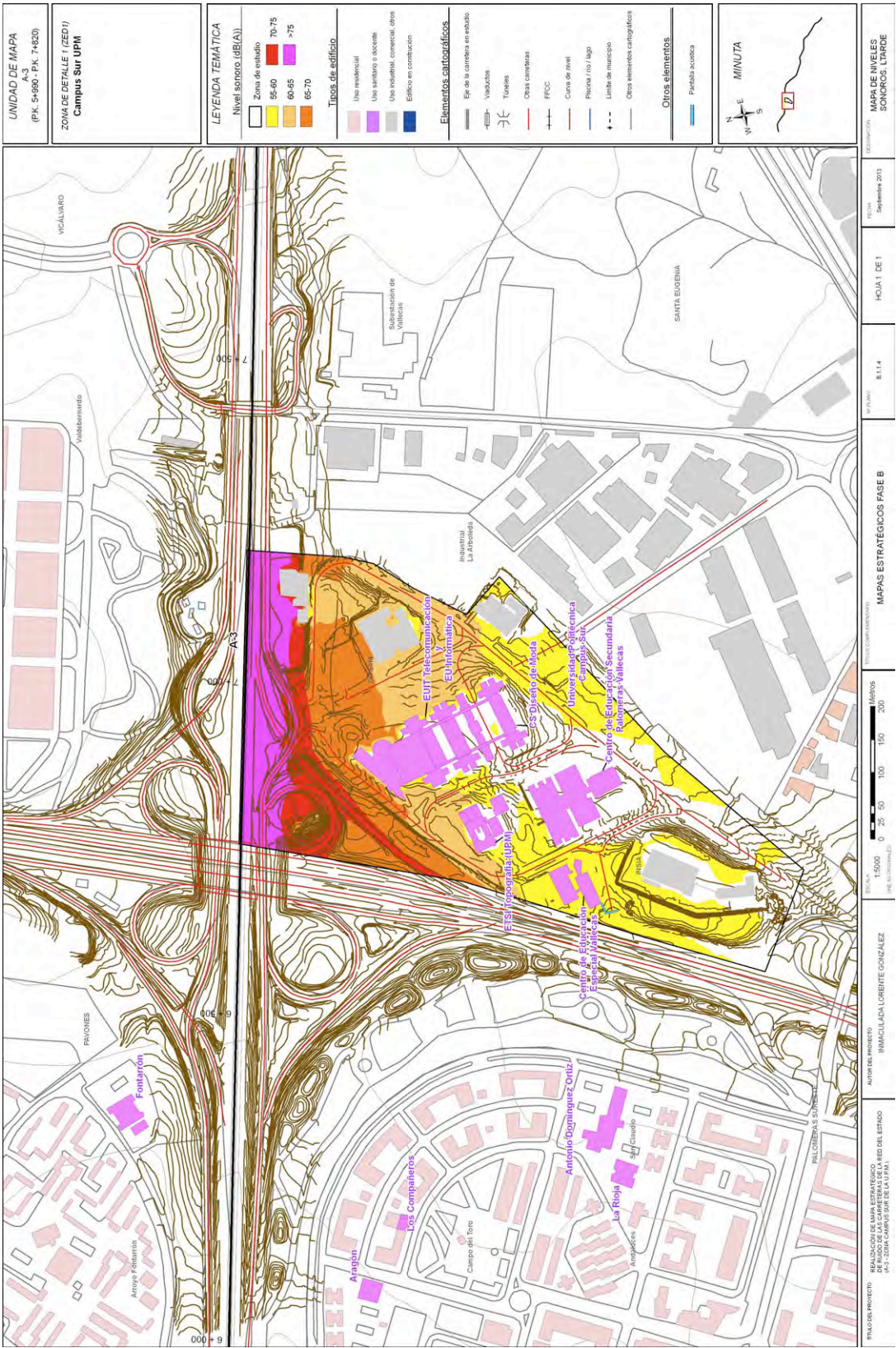


FASE B - B.1.1.3 – MAPA DE NIVELES SONOROS Ldía



REALIZACIÓN DE MAPA ESTRATÉGICO DE RUIDO DE LAS CARRETERAS DE LA RED DEL ESTADO  
(A-3 - ZONA CAMPUS SUR DE LA U.P.M.)

Inmaculada Lorente González



FASE B - B.1.1.3 – MAPA DE NIVELES SONOROS Ltarde



**Inmaculada Lorente González**





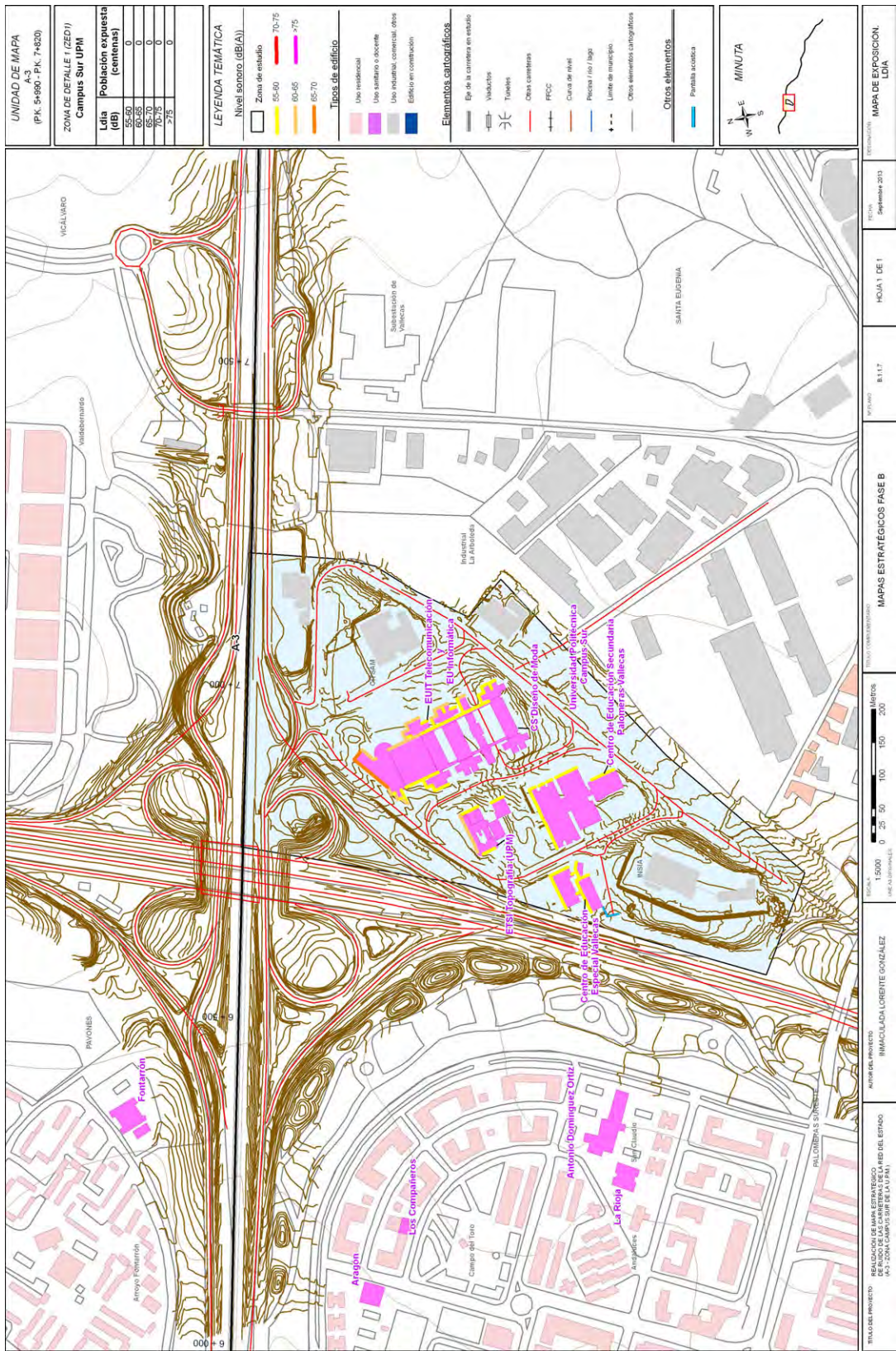
**Inmaculada Lorente González**





REALIZACIÓN DE MAPA ESTRATÉGICO DE RUIDO DE LAS CARRETERAS DE LA RED DEL ESTADO  
(A-3 - ZONA CAMPUS SUR DE LA U.P.M.)

Inmaculada Lorente González

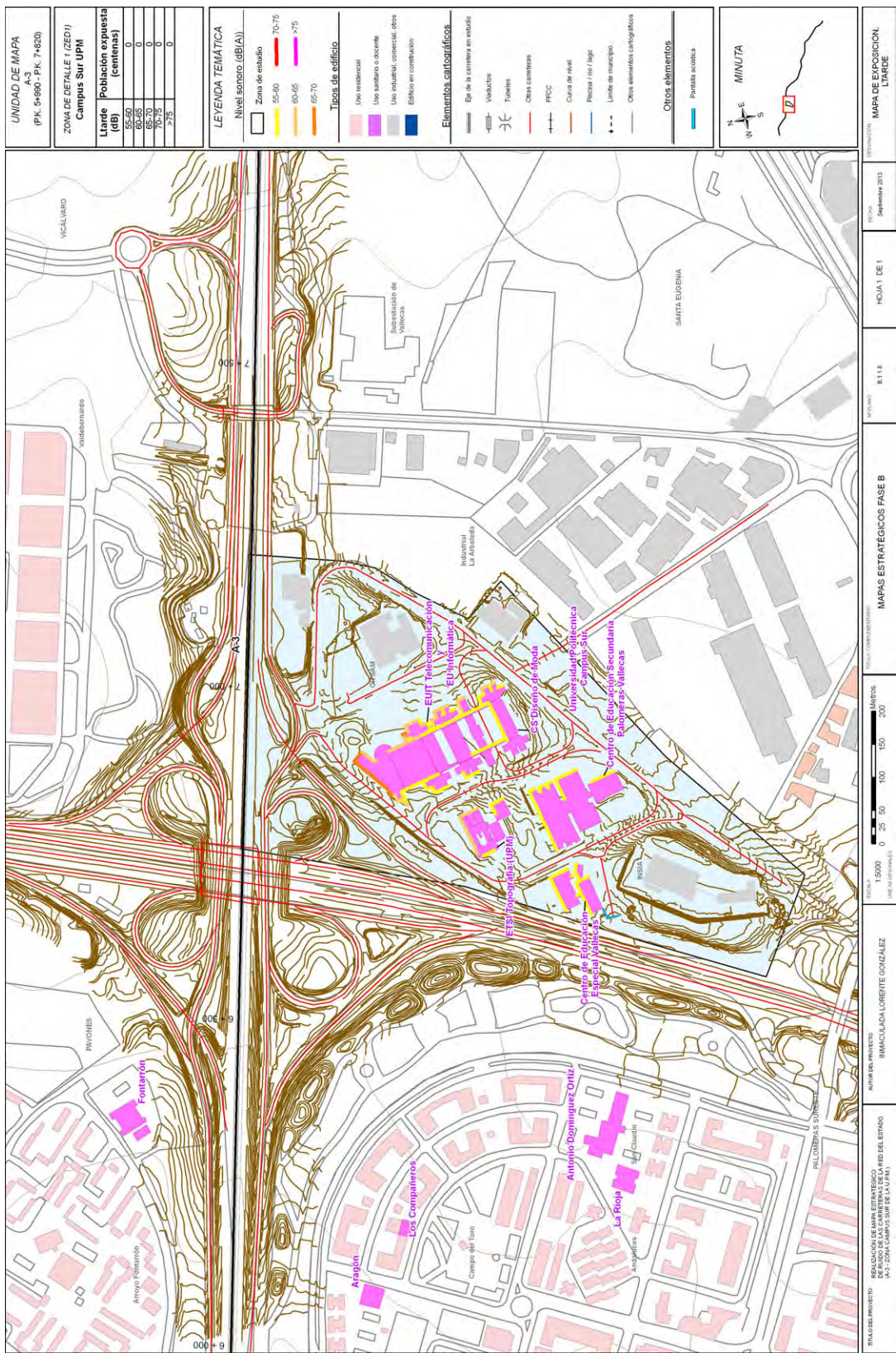


FASE B - B.1.1.7 – MAPA DE EXPOSICIÓN Ldía



REALIZACIÓN DE MAPA ESTRATÉGICO DE RUIDO DE LAS CARRETERAS DE LA RED DEL ESTADO  
(A-3 - ZONA CAMPUS SUR DE LA U.P.M.)

Inmaculada Lorente González



FASE B - B.1.1.8 – MAPA DE EXPOSICIÓN Ltarde

## ANEXO III: PLANOS MR - ZED1 - MAPAS DE DETALLE:

**C.1.1.1 - MAPA DE NIVELES SONOROS LDEN**

**C.1.1.2 – MAPA DE NIVELES SONOROS LNOCHE**

**C.1.1.3 – MAPA DE NIVELES SONOROS LDÍA**

**C.1.1.4 – MAPA DE NIVELES SONOROS LTARDE**

**C.1.1.5 - MAPA DE EXPOSICIÓN LDEN**

**C.1.1.6 – MAPA DE EXPOSICIÓN LNOCHE**

**C.1.1.7 – MAPA DE EXPOSICIÓN LDÍA**

**C.1.1.8 – MAPA DE EXPOSICIÓN LTARDE**



**Inmaculada Lorente González**





REALIZACIÓN DE MAPA ESTRATÉGICO DE RUIDO DE LAS CARRETERAS DE LA RED DEL ESTADO  
(A-3 - ZONA CAMPUS SUR DE LA U.P.M.)

Inmaculada Lorente González



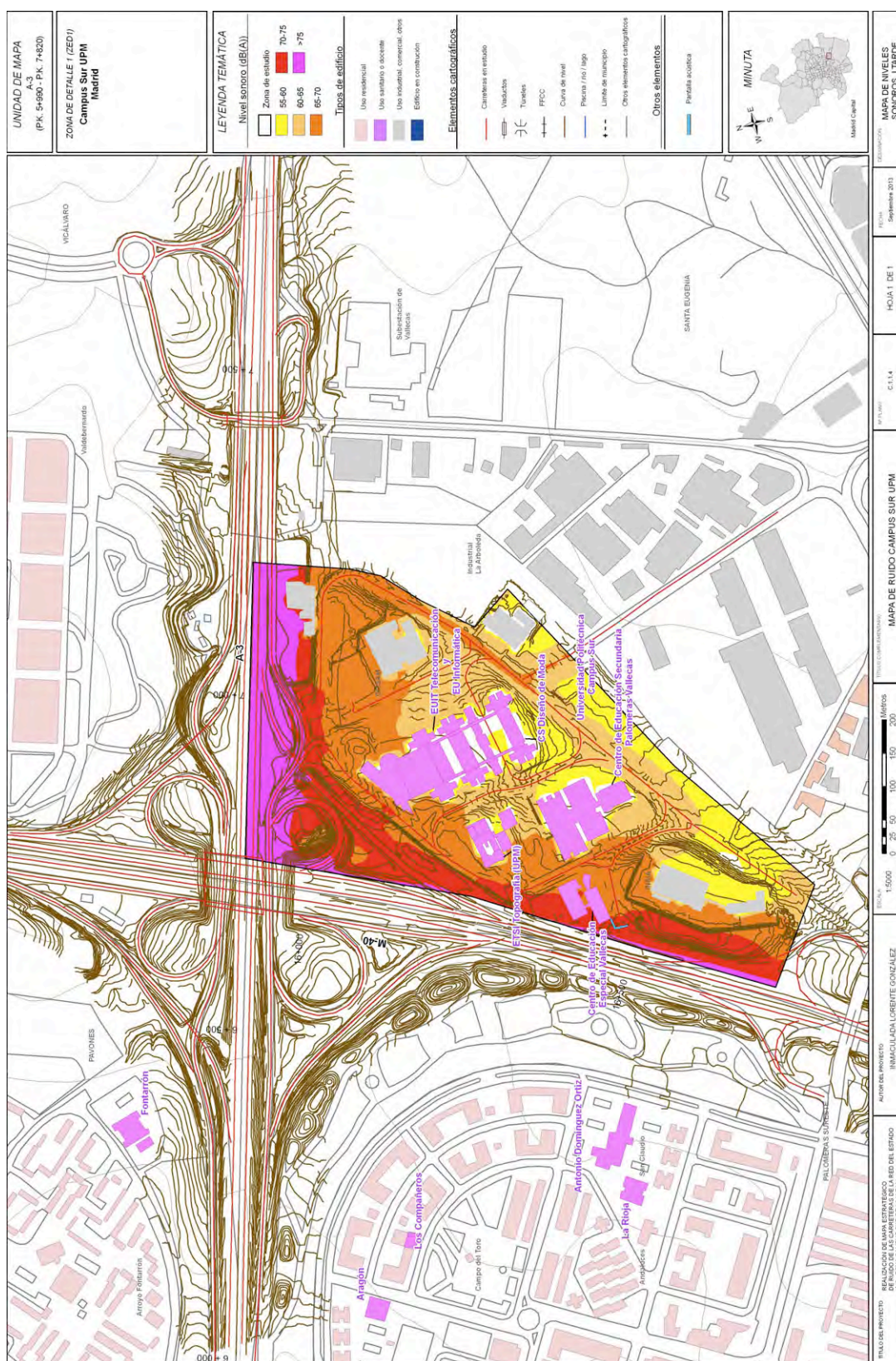
MAPA DE RUIDO - C.1.1.2 – MAPA DE NIVELES SONOROS L<sub>NOCHE</sub>







**Inmaculada Lorente González**

**MAPA DE RUIDO - C.1.1.4 – MAPA DE NIVELES SONOROS L<sub>TARDE</sub>**



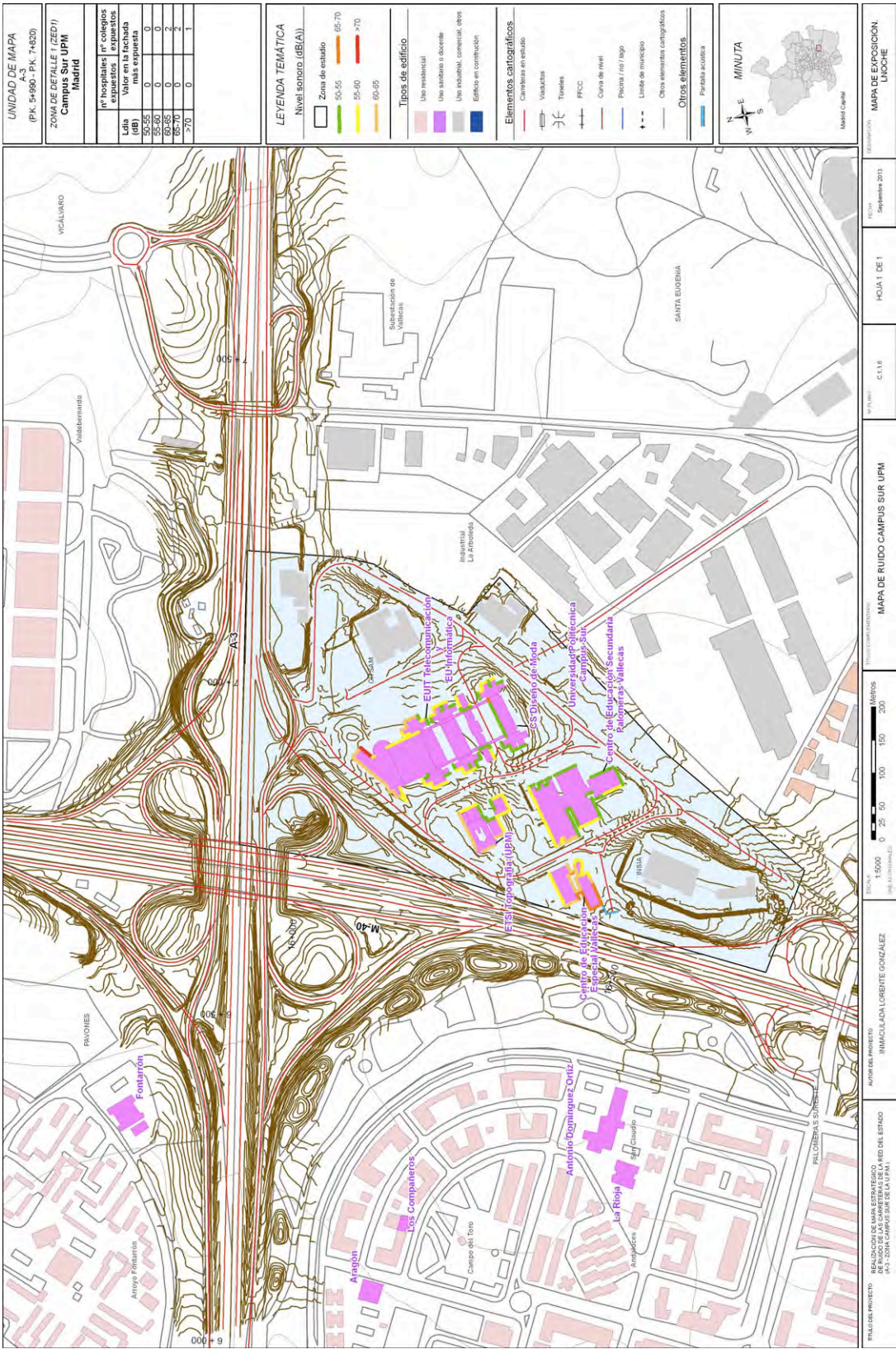
**Inmaculada Lorente González**





REALIZACIÓN DE MAPA ESTRATÉGICO DE RUIDO DE LAS CARRETERAS DE LA RED DEL ESTADO  
(A-3 - ZONA CAMPUS SUR DE LA U.P.M.)

Inmaculada Lorente González



MAPA DE RUIDO - C.1.1.6 – MAPA DE EXPOSICIÓN Lnoche



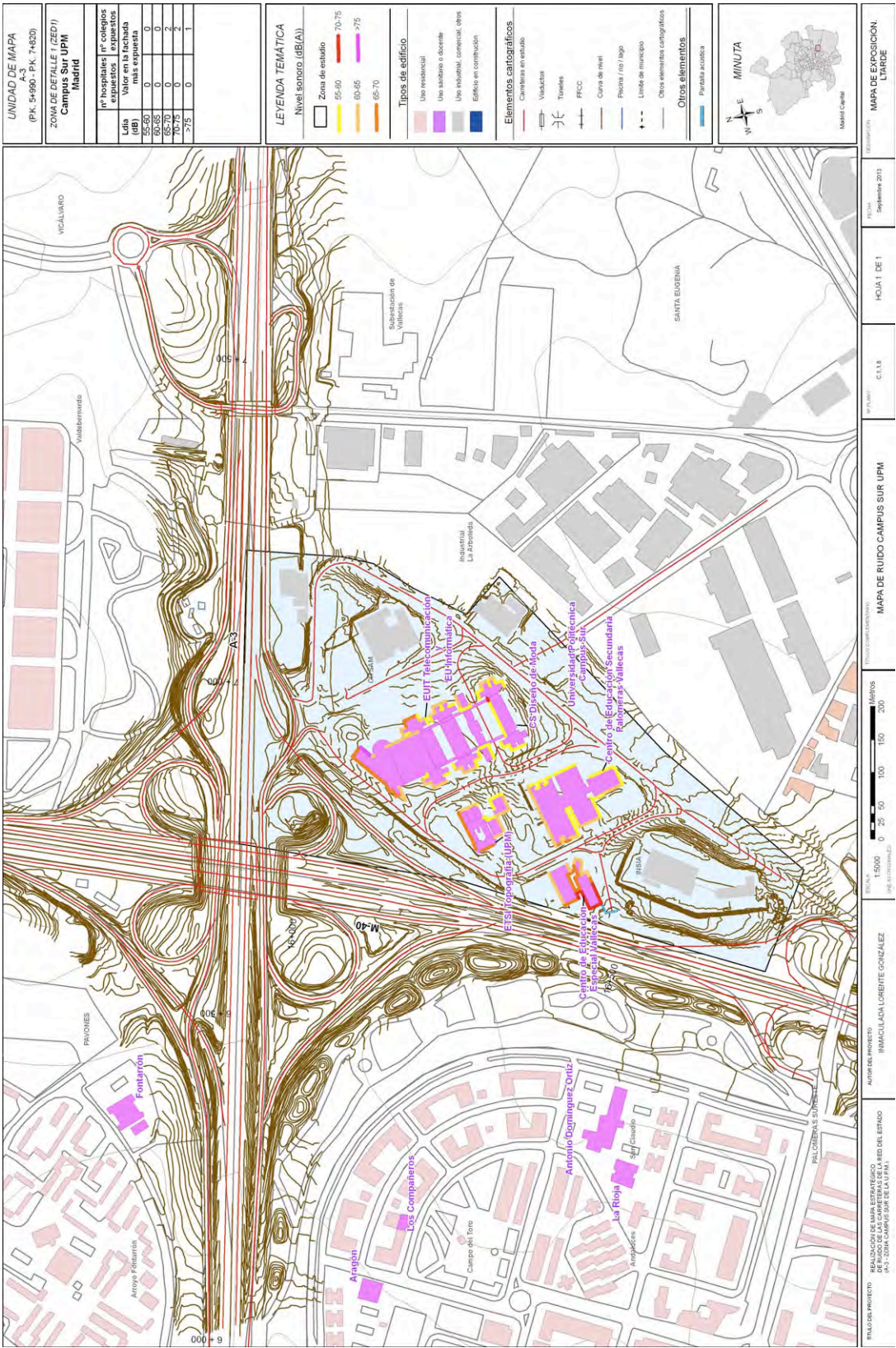
**Inmaculada Lorente González**





REALIZACIÓN DE MAPA ESTRATÉGICO DE RUIDO DE LAS CARRETERAS DE LA RED DEL ESTADO  
(A-3 - ZONA CAMPUS SUR DE LA U.P.M.)

Inmaculada Lorente González



MAPA DE RUIDO - C.1.1.8 - MAPA DE EXPOSICIÓN Lnoche

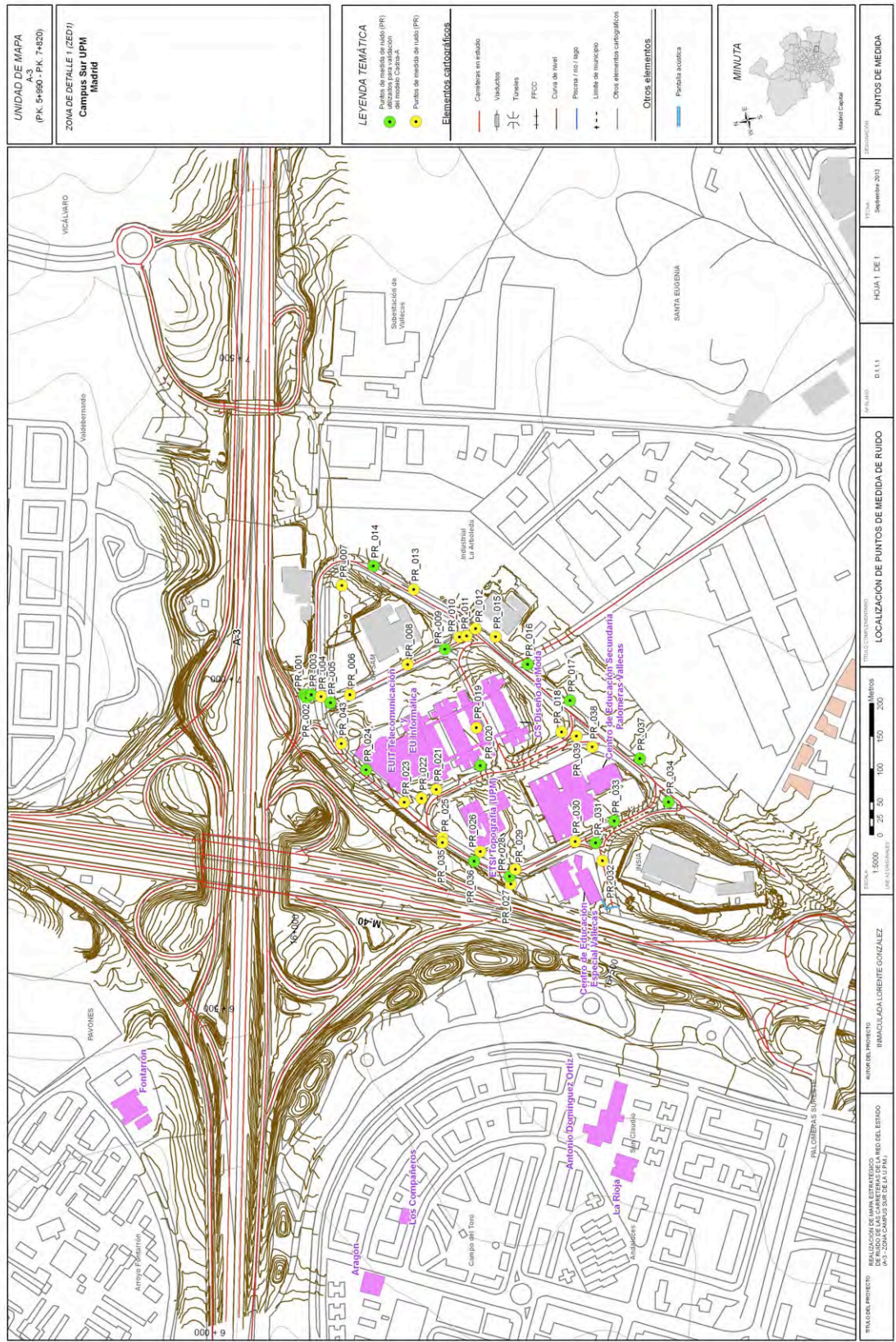
## **ANEXO IV – PLANO DE LOCALIZACIÓN DE PUNTOS DE MEDIDA DE RUIDO**

**MAPA DE LOCALIZACIÓN DE PUNTOS DE MEDIDA DE RUIDO**



REALIZACIÓN DE MAPA ESTRATÉGICO DE RUIDO DE LAS CARRETERAS DE LA RED DEL ESTADO  
(A-3 - ZONA CAMPUS SUR DE LA U.P.M.)

Inmaculada Lorente González



MAPA DE LOCALIZACIÓN DE PUNTOS DE MEDIDA DE RUIDO